



SKRIPSI - ME141501

PENILAIAN RISIKO TUBRUKAN KAPAL AKIBAT INSTALASI ANJUNGAN LEPAS PANTAI DI DEKAT ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA

Zein Arfian
NRP 4212 100 036

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc
A.A.B. Dinariyana D.P. S.T., MES., Ph.D

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



SKRIPSI - ME 141501

PENILAIAN RISIKO TUBRUKAN KAPAL AKIBAT INSTALASI ANJUNGAN LEPAS PANTAI DI DEKAT ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA

Zein Arfian
NRP 4212 100 036

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc
A.A.B. Dinariyana D.P., S.T., MES., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - ME 141501

SHIP COLLISION RISK ASSESSMENT DUE TO OFFSHORE PLATFORM INSTALLATION NEAR SURABAYA WEST ACCESS CHANNEL (SWAC)

Zein Arfian
NRP 4212 100 036

Supervisors
Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc
A.A.B. Dinariyana D.P., S.T., MES., Ph.D

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PENILAIAN RISIKO TUBRUKAN KAPAL AKIBAT INSTALASI ANJUNGAN LEPAS PANTAI DI DEKAT ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Reliability, Availability, Management
and Safety* (RAMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ZEIN ARFIAN
NRP 4212 100 036

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc



2. A.A.B. Dinariyana D.P., ST., MES., Ph.D



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PENILAIAN RISIKO TUBRUKAN KAPAL AKIBAT INSTALASI ANJUNGAN LEPAS PANTAI DI DEKAT ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Reliability, Availability, Management
and Safety* (RAMS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ZEIN ARFIAN

NRP 4212 100 036

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 197708022008011007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PENILAIAN RISIKO TUBRUKAN KAPAL AKIBAT INSTALASI ANJUNGAN LEPAS PANTAI DI DEKAT ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA

Nama Mahasiswa : Zein Arfian
NRP : 4212100036
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing :
1. Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc
2. A.A.B. Dinariyana., S.T., MES., Ph.D

Abstrak

Pelabuhan tanjung perak sebagai pelabuhan tersibuk kedua yang ada di Indonesia memberikan gambaran bahwa pusat aktifitas perdagangan dan perekonomian bertumpu pada laut khususnya yang menopang kawasan timur Indonesia. Alur Pelayaran Barat Surabaya merupakan alur vital bagi lalu lintas dari dan atau menuju Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya serta pelabuhan lain disekitarnya, yang dikenal dengan sebutan Greater Surabaya. Pada Alur Pelayaran Barat Surabaya akan direncanakan adanya pembangunan anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3” disekitar alur. Sebagaimana yang tertuang dalam Peraturan Menteri Perhubungan No 25 Tahun 2011 tentang sarana bantu pelayaran yang menjelaskan mengenai adanya bahaya atau rintangan pelayaran diantaranya adalah adanya bangunan lepas pantai (platform), tangki penampung terapung, pipa dan atau kabel bawah air, tiang penyanggah dan atau jembatan, oil well head, rintangan alam serta kerangka kapal memberikan peluang adanya kecelakaan kapal. Sebagaimana penjelasan diatas mengenai rencana instalasi anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3” disekitar Alur Pelayaran Barat Surabaya, mengakibatkan perlunya kajian berbasis risiko mengenai tubrukan kapal dan pengaruhnya bagi Alur Pelayaran Barat Surabaya tersebut. Perhitungan frekuensi tubrukan kapal akan menggunakan metode perhitungan yang biasa digunakan untuk tubrukan kapal dengan platform maupun objek lain yaitu Quantitative Risk Assessment Model CRASH (Computerised Risk Assessment of Shipping Hazards) dari Det Norske Veritas dan akan dibandingkan dengan metode Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea (SAMSON). Perhitungan frekuensi tubrukan kapal skenario powered vessel collision pada metode CRASH Model untuk Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3 memiliki nilai 0,0001456167 dan 0,0001474925 sedangkan untuk skenario drifting collision Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3 memiliki nilai 0,0000008583 dan 0,0000002357. Pada skenario powered vessel collision atau contact ramming dengan metode SAMSON Model memiliki nilai 0,08205737 untuk Ronggolawe-2 dan 0,003474203 untuk Ronggolawe-3 sedangkan untuk contact drift menghasilkan angka 0,005385 untuk Ronggolawe-2 dan 0,002042537 untuk Ronggolawe-3. Karena nilai frekuensi powered vessel collision dan drifting collision berdasarkan kedua metode tersebut bernilai kurang dari 1, maka dapat disimpulkan bahwa frekuensi tubrukan kapal yang mungkin terjadi masih dapat diterima dan tidak mengganggu aktifitas pelayaran. Hasil dari perhitungan tersebut akan dijadikan acuan dalam melakukan pengembangan berbasis perangkat

lunak atau software dalam bentuk interface calculation tools guna mempermudah perhitungan kedepannya dengan menggunakan Visual Basic for Application (VBA) pada Microsoft Excel.

Kata kunci : *Tubrukan kapal, powered vessel collision, drifting collision, QRA CRASH Model, SAMSON Model, VBA.*

SHIP COLLISION RISK ASSESSMENT DUE TO OFFSHORE PLATFORM INSTALLATION NEAR SURABAYA WEST ACCESS CHANNEL (SWAC)

Name : Zein Arfian
NRP : 4212100036
Departement : Marine Engineering
Supervisors :
1. Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc
2. A.A.B. Dinariyana., S.T., MES., Ph.D

Abstract

Port of Tanjung Perak as the second busiest port in Indonesia represent that the center of trade and economic activities are both relying to the sea, especially on the eastern of Indonesia. The Surabaya West Access Channel (SWAC) is an essential access for traffic on the Port of Tanjung Perak and other ports which is known as Greater Surabaya. Near SWAC, there will be an offshore platform planned to be built called "Ronggolawe 2-3". As stated in the regulation of the Minister of Transportation No. 25 of 2011 on shipping aid, it is indicating the matter of hazards or obstacles exists in sea-traffic activities due to offshore platform, floating container tanks, pipes and/or underwater cable, leg platform and/or bridge, oil well head, natural obstacles and shipwrecks that is potentially causing ship accidents. From the explanation above on the plan of offshore platform "Ronggolawe 2-3" near SWAC, a ship collision risk-based study is needed in order to understand its impact on Surabaya West Access Channel. The calculation of ship collision frequencies will be using the method that is commonly used between ship collisions on platform or other objects called Quantitative Risk Assessment CRASH (Computerised Risk Assessment of Shipping Hazards) model from Det Norske Veritas that will later be compared to the Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea (SAMSON) method by MARIN. The values of ship collision frequency on the scenario of powered vessel collision on CRASH model method for Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3 are 0.0001456167 and 0.0001474925 respectively while for the scenario of drifting collision for Ronggolawe-2 and Ronggolawe-3 have the same value of 0.0000008583 and 0.0000002357. On the scenario of powered vessel collision or contact ramming with SAMSON Model method, the value is 0.08205737 for Ronggolawe-2 and 0.003474203 for Ronggolawe-3, while on the scenario of contact drift, the value for Ronggolawe-2 is 0.005385 and 0.002042537 for Ronggolawe -3. Due to the frequencies value of powered vessel collision and drifting collision based on both methods are less than 1 event per year, therefore it can be concluded that the frequencies of ship collision that may occur is still acceptable and does not interfere with the sea-traffic activities. The result of these calculation will be used as a references in the software-based application development to simplify the calculation using the interface of Visual Basic for Application (VBA) on Microsoft Excel.

Keywords : Ship collision, powered vessel collision, drifting collision, QRA CRASH Model, SAMSON Model, VBA.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat, anugrah serta tuntunan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Penilaian Risiko Tubrukan Kapal Akibat Instalasi Anjungan Lepas Pantai Di Dekat Alur Pelayaran Barat Surabaya”** dengan baik dan tepat waktu. Dimana Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan program studi sarjana di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.

Penulis menyadari, terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terimakasih yang mendalam kepada pihak-pihak dibawah ini :

1. Kedua orang tua penulis, Mama Sadar Susiani dan Ayah Zainul Arifin yang terus memberikan dukungan dan menjadi penyemangat dalam penulis melakukan aktifitas selama perkuliahan dan penulisan tugas akhir ini.
2. Para saudara penulis, Sartika Ayu Wulandari, Kanti Arum Ingtyas, dan Restu Kusuma Ingtyas beserta suami dan keponakan-keponakan penulis yang memberikan keceriaan dan warna baru dalam kehidupan penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing pertama penulis yang senantiasa memberikan bimbingan pada saat proses penelitian dan pelajaran baik perkuliahan, maupun diluar perkuliahan yang berkaitan dengan sikap, pengembangan diri, serta paska kampus bagi penulis.
4. Bapak A.A.B. Dinariyana D.P, ST., MEs, Ph.D selaku dosen pembimbing kedua penulis sekaligus kepala laboratorium bidang RAMS yang turut membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian, yang juga senantiasa memberikan motivasi, arahan serta pengawalan layaknya orang tua selama penulis berada di laboratrium dan menyelesaikan penelitian ini.
5. Bapak Dr. I Made Ariana, ST., MT, Bapak Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis selama terlibat dalam proses kemahasiswaan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
6. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc selaku dosen wali penulis yang telah membantu, mengarahkan dan membimbing penulis selama masa perkuliahan.
7. Seluruh dosen, tenaga kependidikan serta manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
8. Para kakak tingkat penulis di laboratorium RAMS (Mbak Emmy Pratiwi, ST., Mbak Uchik, ST., Mbak Fadilla, ST., M.Sc, serta Mbak Putri ST) yang senantiasa memberikan dukungan, arahan serta bimbingan dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir penulis.
9. Seluruh kawa-kawan pejuang tugas akhir bidang RAMS seperti Dante, Ago, Kevin, Ben, Danu, Hilda, Made, Nyimas, Miranto, Thariq, Mbak Bernad, Mbak Hayy, Mas Ardi, Antonny dan Filik. Terimakasih sudah menerima dengan tangan terbuka dan hangat meskipun kita berbeda angkatan, tapi kalian lah yang selalu menghadirkan semangat dan canda tawa sehari-hari penulis.
10. Kawan-kawan dalam kebaikan : Meidina Nisa Aqmarina, Ula Izdihar A, Dwi Iqbal Aripa, Himawan R Auditiardy. Terimakasih sudah saling menguatkan satu sama lain, dan saling mengingatkan dalam kebaikan serta masa depan.

11. Keluarga “CIL” (Putu Sadhvi Sita, Carlanda Silja Tensta, Donny Endra P, Himawan Wicaksono, Atandho Gama M, Lulu Rozy, M. Adji Pangestu, serta Amalia Astrania Jaya) penulis yang terus menghadirkan tawa, menerima saat satu sama lain jatuh dan saling dukung serta mengasihi satu sama lain.
12. Saudara tak sedarah penulis, Hamzah Fansyuri yang senantiasa hadir sebagai layaknya seorang saudara yang mendukung, membantu, menghargai, memberikan warna memberikan pembelajaran berharga, mengingatkan ibadah dan kebaikan selama perkuliahan penulis terutama akhir-akhir waktu perkuliahan.
13. Seluruh Tim Pemandu Berarti LKMM TM ITS 2015, terkhusus para Fasilitator Berarti yang senantiasa memberikan kedamaian dihati dan kenyamanan disisi seperti Ahmada, Tiara, Wildan, Ayub, Angga, Fandi, Pitsyah, Vidya, Ihsan.
14. Seluruh Kabinet Reformasi HIMASISKAL FTK-ITS 2014/2015 : Ojan, Cakra, Galih, Taufiq, Arian, Lulu, Dhaifina, Arin, Winda, Lusi, Radhin, Donny, Fandhika, Fauzi, Yasha, Viky, serta Agung yang banyak memberikan pembelajaran terkhusus bidang organisasi dan pertemanan yang tidak terukur.
15. Seluruh Kabinet BEM ITS BERANI 2015/2016 yang senantiasa memberikan warna dan pembelajaran dalam hidup penulis pada tahun keempat, baik suka, duka, tangis dan tawa yang sudah dilalui bersama. Terkhusus Muhammad Fadhil.
16. Badan Pengurus Harian BEM ITS BERANI 2015/2016 yang selalu memberikan tugas berat selama tahun keempat dan akhir kepengurusan, terimakasih atas pembelajaran dan waktu selama kita berproses, Novangga Ilmawan, Dita Suwirni Maswan, Mega Ayu N, M Salman Alfarisi, Khalid Abri, Rizky Rahmawati, Yuna Sugianela, Imam Syafii, dan M Ikhwan Rahman.
17. Seluruh PEMBERANI BEM ITS Periode 2015/2016 terkhsus para staff-staff kesayangan penulis.
18. Seluruh saudara BISMARCK’12 terimakasih sudah membukakan mata, pikiran dan hati bahwa tidak akan ada teman yang “ditinggal”. Terimakasih atas waktu, pembelajaran dan hangat nya kebersamaan yang kalian berikan.
19. Adik-adik tingkat penulis baik angkatan terdekat BARAKUDA’13 terkhusus Alif Nugraha Akbar dan Anggit Akbar Y yang selalu menerima penulis dengan tanpa perbedaan. Adik-adik MERCUSUAR’14 terkhusus Faishal Afif, Nur Azizah N, Sulfia Anizar, Dinar, Syauqi, Noor Fazrur Rahman, Rayka Abdillah. Adik-adik SALVAGE’15 dan VOYAGE’16 semoga kalian bisa meneladani kebersamaan dan kerukunan yang ada didalam jiwa maroon Teknik Sistem Perkapalan.
20. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terimakasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penlitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karenanya kritik dan saran sangat terbuka untuk membangun dan kebaikan Bersama kedepannya.

Akhir kata, penulis berharap semoga apa yang tertulis dalam tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya maupun pembaca pada umumnya.

Surabaya, Juli 2017
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GRAFIK.....	xxi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Alur Pelayaran Barat Surabaya	5
2.2. Pengetahuan Umum Tentang Kecelakaan Kapal	7
2.2.1. Kecelakaan Transportasi Laut	7
2.2.2. Tubrukan Kapal	11
2.3. Dasar Teori Risiko	12
2.4. Metode Analisis Frekuensi Tubrukan Kapal	12
2.4.1. Quantitative Risk Assessment (Model CRASH).....	13
2.4.1.1. <i>Powered Vessel Collisions Models</i>	13
2.4.1.2. <i>Drifting Vessel Collision Models</i>	15
2.4.2. SAMSON Model	16
2.4.2.1. <i>Contact Drift Model</i>	17
2.4.2.2. <i>Contact Ram Model</i>	20
2.5. <i>Visual Basic for Application</i>	23
2.6. <i>Acceptance Standard Criteria</i>	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1. Detail Langkah Perhitungan Dengan Metode <i>Quantitative Risk Assessment</i> (<i>CRASH Model</i>).....	27
3.1.1. Detail Langkah Perhitungan <i>Powered Vessel Collision</i> dengan Metode <i>Quantitative Risk Assessment (CRASH Model)</i>	27
3.1.2. Detail Langkah Perhitungan <i>Drifting Collision</i> dengan Metode <i>Quantitative</i> <i>Risk Assessment (CRASH Model)</i>	28
3.2. Detail Langkah Perhitungan Dengan Metode <i>Safety Assessment Models For</i> <i>Shipping And Offshore In The North Sea (SAMSON) Model</i>	29
3.2.1. Detail Langkah Perhitungan <i>Contact Ramming Model</i> dengan Metode <i>SAMSON</i>	29
3.2.2. Detail Langkah Perhitungan <i>Contact Drift Model</i> dengan Metode <i>SAMSON</i>	31
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	33

4.1. Perhitungan Frekuensi Tubrukan Kapal dengan <i>Quantitative Risk Assessment</i> Metode CRASH (<i>Computerised Risk Assessment of Shipping Hazards</i>)	35
4.1.1. Perhitungan Frekuensi <i>Powered Vessel Collision Model</i>	35
4.1.1.1. Perhitungan <i>Powered Vessel Collision Frequency</i> Pada Anjungan Ronggolawe-2.....	40
4.1.1.2. Perhitungan <i>Powered Vessel Collision Frequency</i> Pada Anjungan Ronggolawe-3.....	44
4.1.2. Perhitungan Frekuensi <i>Drifting Collision Model</i>	48
4.2. Perhitungan Frekuensi Tubrukan Kapal dengan Metode <i>Safety Assessment</i> <i>Models for Shipping and Offshore in the North Sea (SAMSON) Model</i>	53
4.2.1. Perhitungan Frekuensi <i>Powered Vessel Collision</i> atau <i>Contact Ramming</i> dengan SAMSON Model.....	53
4.2.1.1. Perhitungan Frekuensi <i>Contact Ramming Model</i> Ronggolawe-2	55
4.2.1.2. Perhitungan Frekuensi <i>Contact Ramming Model</i> Ronggolawe-3	61
4.2.2. Perhitungan Frekuensi <i>Contact Drifting</i> dengan SAMSON Model	67
4.2.2.1. Perhitungan Frekuensi <i>Contact Drifting</i> dengan SAMSON Model Pada Ronggolawe-2.....	67
4.2.2.2. Perhitungan Frekuensi <i>Contact Drifting</i> dengan SAMSON Model Pada Ronggolawe-3.....	74
4.3. Analisis Perbandingan Hasil Perhitungan Menggunakan <i>CRASH Model</i> dan <i>SAMSON Model</i>	80
4.4. Penilaian Risiko Terhadap Tingkat Frekuensi Tubrukan Kapal.....	81
4.5. Pengembangan Perangkat Lunak <i>Visual Basic for Application (VBA)</i>	81
BAB V	89
KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
5.1. Kesimpulan.....	89
5.2. Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	93
BIODATA PENULIS	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Rute Pelayaran Peti Kemas Domestik dari dan ke Pelabuhan Tanjung Perak.....	1
Gambar 1. 2. Peta Alur Pelayaran Barat Surabaya.....	2
Gambar 2. 1. Alur Pelayaran Barat Surabaya.....	5
Gambar 2. 2. Alur Pelayaran Barat Surabaya.....	5
Gambar 2. 3. Penempatan <i>Buoy</i> disekitar APBS.....	6
Gambar 2. 4. Lokasi Rencana Instalasi Anjungan	7
Gambar 2. 5. <i>Crossing Collision</i>	11
Gambar 2. 6. <i>Overtaking Collision</i>	11
Gambar 2. 7. <i>Head-on Collision</i>	12
Gambar 2. 8. <i>Powered Vessel Collision Model</i>	14
Gambar 2. 9. <i>Collision Geometry</i>	15
Gambar 2. 10. <i>Drifting Collision Model</i>	16
Gambar 2. 11. <i>Danger Part in Contact Drift Model</i>	17
Gambar 2. 12. <i>Drifting Distance</i>	18
Gambar 2. 13. <i>Danger Part</i> dari <i>Link</i> pada <i>Ram Contact Model</i>	20
Gambar 2. 14. <i>Ram Direction</i>	21
Gambar 3. 1. <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	25
Gambar 3. 2. <i>Flowchart</i> Perhitungan <i>Powered Vessel</i> dengan <i>CRASH Model</i>	27
Gambar 3. 3. <i>Flowchart</i> Perhitungan <i>Drifting Collision</i> dengan <i>CRASH Model</i>	29
Gambar 3. 4. <i>Flowchart</i> Perhitungan <i>Contact Ramming</i> dengan <i>SAMSON Model</i>	30
Gambar 3. 5. <i>Flowchart</i> Perhitungan <i>Contact Drift</i> dengan <i>SAMSON Model</i>	31
Gambar 4. 1. <i>Fault Tree Analysis Scenario of Probability</i>	36
Gambar 4. 2. Titik Lokasi Rencana Instalasi Anjungan Lepas Pantai	38
Gambar 4. 3. Titik Lokasi Rencana Instalasi Anjungan Lepas Pantai	38
Gambar 4. 4. Anjungan Pembanding KS Java Star 1	39
Gambar 4. 5. Skenario <i>Collision Geometry</i> Ronggolawe-2	40
Gambar 4. 6. Skenario Lokasi Ronggolawe-2 Terhadap Alur Pelayaran	42
Gambar 4. 7. Skenario <i>Collision Geometry</i> Ronggolawe-3	45
Gambar 4. 8. Skenario Lokasi Ronggolawe-3 Terhadap Alur Pelayaran	46
Gambar 4. 9. Skenario <i>Drifting</i>	50
Gambar 4. 10. Ilustrasi Model Perhitungan Kemungkinan Tubrukan Berdasarkan Distribusi Gaussian	53
Gambar 4. 11. Kemungkinan Tubrukan Akibat <i>Navigational Error Rate (NER)</i> Pada Model MARIN.....	53
Gambar 4. 12. Skenario Ronggolawe-2 dengan Perubahan Sudut Terhadap Alur	55
Gambar 4. 13. <i>Ramming Model</i> Pada Ronggolawe-3 Pada Setiap Perubahan Sudutnya	61
Gambar 4. 14. Skenario <i>Drifting Distance</i> Ronggolawe-2	68
Gambar 4. 15. Skenario <i>Drifting Distance</i> Ronggolawe-3	75
Gambar 4. 16. File Induk VBA	82
Gambar 4. 17. <i>Interface Form CRASH Model (1)</i>	83
Gambar 4. 18. <i>Interface Form CRASH Model (2)</i>	83
Gambar 4. 19. Induk Laporan Kalkulasi VBA <i>CRASH Model</i>	84

Gambar 4. 20. <i>Interface Form Contact Ram SAMSON (1)</i>	84
Gambar 4. 21. <i>Interface Form Contact Ram SAMSON (2)</i>	85
Gambar 4. 22. <i>Interface Form Contact Drift SAMSON (1)</i>	85
Gambar 4. 23. <i>Interface Form Contact Drift SAMSON (2)</i>	86
Gambar 4. 24. Induk Laporan Kalkulasi VBA <i>Contact Ram SAMSON</i>	86
Gambar 4. 25. Induk Laporan Kalkulasi VBA <i>Contact Drift SAMSON</i>	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Arus Lalu Lintas Kapal Pada APBS.....	6
Tabel 2. 2. Analisis Trend Kecelakaan Laut Tahun Tahun 2003-2008.....	8
Tabel 2. 3. Data Historis Kecelakaan Transportasi Laut.....	9
Tabel 2. 4. Data Historis Kecelakaan Transportasi Laut.....	9
Tabel 2. 5. Laporan Kecelakaan Kapal Tahun 2016	10
Tabel 2. 6. Laporan Kecelakaan Kapal Tahun 2016	10
Tabel 2. 7. <i>Course Change Angle</i>	21
Tabel 4. 1. Jumlah Kapal Yang Melewati APBS Tahun 2008-2013.....	33
Tabel 4. 2. <i>Sample Data</i> Utama Kapal Yang Melewati APBS.....	33
Tabel 4. 3. Titik Lokasi Rencana Instalasi Anjungan	37
Tabel 4. 4. Data Pemandang Anjungan Lepas Pantai	39
Tabel 4. 5. Prediksi Pertumbuhan Kapal dan Perhitungan <i>Powered Vessel Collision</i> <i>Frequency Ronggolawe-2</i>	43
Tabel 4. 6. Prediksi Pertumbuhan Kapal dan Perhitungan <i>Powered Vessel Collision</i> <i>Frequency Ronggolawe-3</i>	48
Tabel 4. 7. Perbandingan Tingkat Frekuensi <i>Powered Vessel Collision Model</i>	48
Tabel 4. 8. <i>Breakdown Probability</i>	49
Tabel 4. 9. Perhitungan <i>Drifting Collision</i> Ronggolawe-2.....	51
Tabel 4. 10. Prediksi Pertumbuhan Kapal dan <i>Drifting Collision Frequency</i> Ronggolawe-2	51
Tabel 4. 11. Perhitungan <i>Drifting Collision</i> Ronggolawe-3.....	52
Tabel 4. 12. Prediksi Pertumbuhan Kapal dan <i>Drifting Collision Frequency</i> Ronggolawe-3	52
Tabel 4. 13. Rekapitulasi Perhitungan Frekuensi Tubrukan Kapal <i>Ramming Model</i> Pada Ronggolawe-2 Setiap Perubahan Sudut	55
Tabel 4. 14. Prediksi Pertumbuhan Jumlah Kapal dan Perhitungan <i>Contact Ramming</i> <i>Frequency Ronggolawe-2</i>	56
Tabel 4. 15. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal <i>Ramming Model</i> Ronggolawe-2 Pada Sudut 10°	57
Tabel 4. 16. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal <i>Ramming Model</i> Ronggolawe-2 Pada Sudut 20°	58
Tabel 4. 17. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal <i>Ramming Model</i> Ronggolawe-2 Pada Sudut 30°	59
Tabel 4. 18. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal <i>Ramming Model</i> Ronggolawe-2 Pada Sudut 0°	60
Tabel 4. 19. Tabel Rekapitulasi Perhitungan Frekuensi Tubrukan Kapal <i>Ramming</i> <i>Model</i> Pada Ronggolawe-3 Setiap Perubahan Sudut	61
Tabel 4. 20. Prediksi Pertumbuhan Jumlah Kapal dan Perhitungan <i>Contact Ramming</i> <i>Frequency Ronggolawe-3</i>	62
Tabel 4. 21. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal <i>Ramming Model</i> Ronggolawe-3 Pada Sudut 10°	63
Tabel 4. 22. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal <i>Ramming Model</i> Ronggolawe-3 Pada Sudut 20°	64

Tabel 4. 23. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal <i>Ramming Model</i> Ronggolawe-3 Pada Sudut 30°	65
Tabel 4. 24. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal <i>Ramming Model</i> Ronggolawe-3 Pada Sudut 0°	66
Tabel 4. 25. <i>Beaufort Scale Table</i>	69
Tabel 4. 26. Data Kecepatan Angin Perairan Perak, Desember 2016	70
Tabel 4. 27. <i>Probability Of An Anchoring Failure For Each Beaufort Class</i>	72
Tabel 4. 28. Prediksi Pertumbuhan Jumlah Kapal dan Perhitungan <i>Contact Drifting Frequency</i> Ronggolawe-2	74
Tabel 4. 29. Prediksi Pertumbuhan Jumlah Kapal dan Perhitungan <i>Contact Drifting Frequency</i> Ronggolawe-3	79
Tabel 4. 30. Perbandingan Hasil Perhitungan Frekuensi <i>Contact Drift</i> Dengan Metode SAMSON	79
Tabel 4. 31. Hasil Perbandingan Perhitungan Tubrukan dengan CRASH Model dan SAMSON Model	80

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2. 1. Persentase Jenis Kecelakaan Tranportasi Laut	9
Grafik 2. 2. Jenis Kecelakaan Kapal Tahun 2016	10

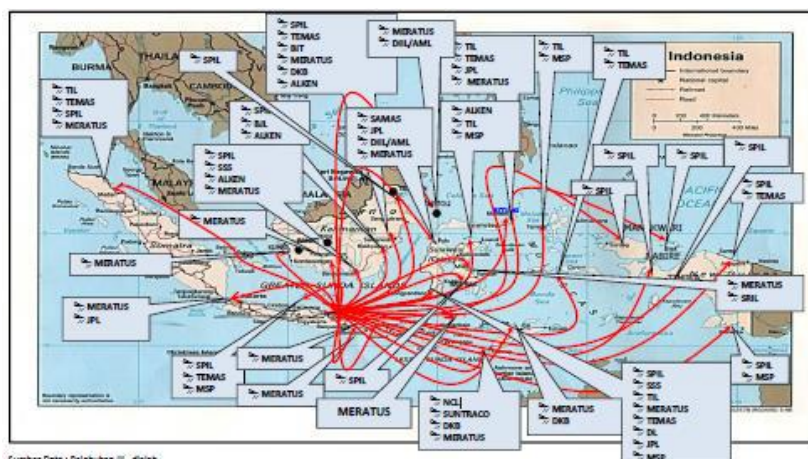
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan luas wilayah yang hampir 70% merupakan lautan memberikan gambaran bahwa pusat perekonomian sebagian besar melalui jalur laut atau pelayaran. Dengan banyaknya aktifitas perdagangan dan perekonomian yang berputar di Indonesia mengakibatkan pada harus jelasnya alur pelayaran dan konektivitas pelabuhan yang dihubungkan melalui lautnya. Alur pelayaran sendiri merupakan salah satu hal yang memiliki peran penting sebagai akses keluar dan atau masuk pelabuhan. Alur pelayaran pun menjadi sebuah objek yang sangat vital dari sebuah pelabuhan yang mana memberikan peluang akan mudahnya proses operasional dari sebuah pelabuhan untuk menjalankan fungsi dan aktifitas kepelabuhannya. Di Indonesia tersendiri terdapat beberapa alur pelayaran yang tersebar di berbagai wilayah perairan Indonesia dimana salah satu diantaranya adalah Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS).

Penyelenggaraan alur pelayaran di Indonesia menjadi tanggungjawab dari pemerintah dimana dalam pelaksanaannya harus dilakukan dengan baik sebagai bentuk upaya yang mendukung kelancaran dan efektifitas operasional pelabuhan secara menyeluruh. Alur Pelayaran Barat Surabaya merupakan alur vital bagi lalu lintas dari dan atau menuju Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya serta pelabuhan lain disekitarnya, yang dikenal dengan sebutan *Greater Surabaya*. Pelabuhan tanjung perak sebagai pelabuhan tersibuk kedua yang ada di Indonesia memberikan gambaran bahwa pusat aktifitas perdagangan dan perekonomian bertumpu pada laut khususnya yang menopang kawasan timur Indonesia. Terdapat setidaknya 30 rute pelayaran petikemas domestik dari dan ke Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, dengan adanya 11 perusahaan pelayaran yang berpusat di Surabaya.



Gambar 1. 1.Rute Pelayaran Peti Kemas Domestik dari dan ke Pelabuhan Tanjung Perak
Sumber : Pelindo III, April 2016

Pada Gambar 1.1 diatas memberikan deskripsi padatnya aktifitas perdagangan yang ada dari ataupun menuju Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dengan terdapat setidaknya 30 rute pelayaran.

Alur Pelayaran Barat Surabaya memiliki lebar alur 150 meter dengan panjang mencapai 25 *nautical mile* (*Annual Report Pelindo II, 2015*) menjadi salah satu alternatif utama yang baru dioperasikan sekitar dari dua tahun menunjukkan padatnya lalu lintas yang mengakibatkan munculnya potensi kecelakaan kapal khususnya tubrukan kapal. Terdapat beberapa peluang adanya tubrukan diantaranya seperti adanya *buoy* yang memiliki jarak yang cukup dekat dengan dermaga, kemudian kepadatan kapal yang ada serta instalasi-instalasi lain disekitar alur.



Gambar 1. 2.Peta Alur Pelayaran Barat Surabaya

Sumber : Distrik Navigasi Kelas I Surabaya

Didekat Alur Pelayaran Barat Surabaya direncanakan adanya pembangunan anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3”. Sebagaimana yang tertuang dalam Peraturan Menteri Perhubungan No 25 Tahun 2011 tentang sarana bantu pelayaran yang menjelaskan mengenai adanya bahaya atau rintangan pelayaran diantaranya adalah adanya bangunan lepas pantai (*platform*), tangki penampung terapung, pipa dan atau kabel bawah air, tiang penyanggah dan atau jembatan, *oil well head* dan lain sebagainya memberikan peluang adanya kecelakaan kapal. Sebagaimana penjelasan diatas mengenai rencana instalasi anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3” disekitar Alur Pelayaran Barat Surabaya mengakibatkan perlunya kajian berbasis risiko mengenai peluang tubrukan kapal, dengan harapan dapat memberikan rekomendasi bagi Alur Pelayaran Barat Surabaya tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Agar proses penelitian dapat berjalan dengan lancar, maka perlu diketahui masalah-masalah yang timbul saat proses pengerjaan penelitian, yaitu :

- a. Bagaimana tingkat frekuensi tubrukan kapal disekitar tempat instalasi anjungan

lepas pantai “Ronggolawe 2-3” di Alur Pelayaran Barat Surabaya?

- b. Dari tingkat frekuensi yang diperoleh bagaimana menentukan mitigasi yang sesuai untuk lalu lintas kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya apabila tidak sesuai dengan *acceptance standard criteria*?

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian dapat berjalan dengan efektif dan tujuan tercapai maka diperlukan adanya batasan permasalahan, diantaranya adalah:

- a. Perhitungan frekuensi tubrukan kapal hanya akan menggunakan skenario tubrukan kapal *powered vessel collision* dan *drifting collision* dengan metode CRASH (*Computerised Risk Assessment of Shipping Hazards*) dan *Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea* (SAMSON) lalu yang mana nantinya akan ada pengembangan berbasis perangkat lunak dalam bentuk *interface calculation tools* guna mempermudah perhitungan kedepannya dengan menggunakan *Visual Basic for Application (VBA)* pada *Microsoft Excel*.
- b. Lokasi instalasi anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3” di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) rencana berada pada titik 6° 40’ 27,25” S, 112° 40’ 15,82” E untuk Ronggolawe 2 dan 6° 44’ 41,22” S, 112° 35’ 34,32” E untuk Ronggolawe 3.

1.4. Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah diatas maka dapat ditentukan tujuan dari Tugas Akhir ini, yaitu :

- a. Menentukan tingkat frekuensi tubrukan kapal disekitar tempat instalasi anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3” di Alur Pelayaran Barat Surabaya dengan metode CRASH dan SAMSON.
- b. Memberikan rekomendasi mitigasi yang sesuai untuk lalu lintas kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya apabila tidak sesuai dengan *acceptance standard criteria*.
- c. Membuat aplikasi perhitungan frekuensi tubrukan kapal dengan metode perhitungan CRASH dan SAMSON dalam bentuk *interface calculation tools* menggunakan *Visual Basic for Application*.

1.5. Manfaat

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan adalah :

- a. Penilaian yang dilakukan dapat memberikan gambaran dan memberikan informasi mengenai tingkat risiko tubrukan kapal akibat instalasi anjungan lepas pantai di Alur Pelayaran Barat Surabaya.
- b. Penilaian yang dilakukan dapat menjadi acuan dalam menentukan aktifitas lalu lintas kapal yang ada di APBS.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Alur Pelayaran Barat Surabaya

Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya merupakan salah satu gerbang utama dalam masuk dan keluarnya arus perdagangan di Indonesia khususnya Indonesia bagian timur. Bertempat di Surabaya yang merupakan kota metropolitan tersibuk kedua di Indonesia memberikan gambaran akan arus perdagangan yang juga berpusat pada pelabuhan. lambat laun menunjukkan peningkatan kapasitas-kapasitas kapal yang datang,

Dengan semakin besarnya pertumbuhan arus barang di Pelabuhan Tanjung Perak, PT. Pelindo III (Persero) sebagai pengelola pelabuhan telah melakukan investasi dan perbaikan fasilitas maupun alat bongkar muat, serta melebarkan Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS). Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) memiliki panjang 25 mil yang semula memiliki lebar 100 meter dan kedalaman -9,5 meter *Low Meter Spring (LWS)* menjadi selebar 150 meter dengan kedalaman mencapai -13 meter *Low Meter Spring*.



Gambar 2. 1. Alur Pelayaran Barat Surabaya

Sumber : Google Earth

Padatnya Alur Pelayaran Barat Surabaya memberikan potensi terjadinya tubrukan kapal. Berdasarkan *annual report* PT. Pelindo III (Persero) jumlah kapal yang berada atau melintasi Alur Pelayaran Barat Surabaya selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya, seperti dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 1. Arus Lalu Lintas Kapal Pada APBS

Tahun	Pelabuhan Tanjung Perak	Gresik	Jumlah
2010	14197 unit	5650 unit	19847 unit
2011	14117 unit	5625 unit	19742 unit
2012	14773 unit	5851 unit	20624 unit
2013	16798 unit	7295 unit	24093 unit

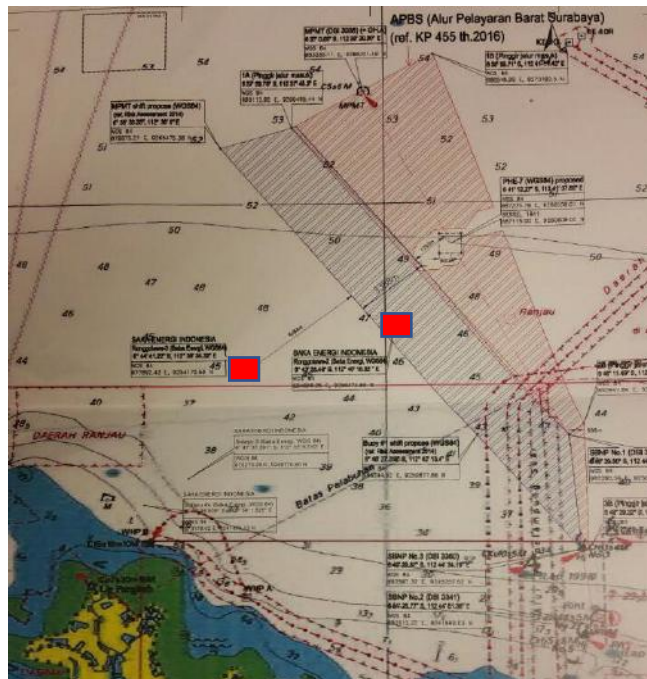
Sumber : *Annual Report* PT. Pelindo III (Persero) Tahun 2013

Pada Alur Pelayaran Barat Surabaya pun telah dibantu dengan adanya sarana bantu navigasi pelayaran seperti *buoy*. Sarana bantu pelayaran adalah peralatan atau sistem yang berada di luar kapal yang didesain dan dioperasikan untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi bernavigasi kapal dan atau lintas kapal. Beberapa diantara sarana bantu pelayaran adalah menara suar, rambu suar, pelampung suar, tanda siang (*day mark*), rambu radio (*radio bacon*), rambu radar, dan lain sebagainya. Berikut merupakan gambaran Alur Pelayaran Barat Surabaya dengan sarana bantu pelayaran nya :

Gambar 2. 6. Penempatan *Buoy* disekitar APBS

Sumber : Distrik Navigasi Kelas I Surabaya

Didekat Alur Pelayaran Barat Surabaya direncanakan adanya pembangunan anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3” dengan rencana posisi anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3” berdasarkan informasi awal Ronggolawe 2 berjarak 2,49 Nm dan Ronggolawe 3 berjarak 6,41 Nm dari Alur Pelayaran Barat Surabaya.



Gambar 2. 7. Lokasi Rencana Instalasi Anjungan

2.2. Pengetahuan Umum Tentang Kecelakaan Kapal

Indonesia adalah negara yang sebagian besar wilayahnya merupakan lautan. Dengan garis pantai sepanjang kurang lebih 81 ribu kilometer. Menjadikan Indonesia sebagai lahan basah industri Maritim, Industri Maritim sangatlah banyak variasinya, diantaranya adalah Jasa Transportasi Laut, Perikanan, Penyeberangan, Energi dan Sumber daya mineral, Sumber hayati laut, Migas, dan Pariwisata laut yang mana dalam operasionalnya membutuhkan fasilitas tertentu utamanya adalah kapal.

Sebagai negara kelautan terbesar, peningkatan aktifitas transportasi secara nasional baik transportasi udara, darat dan laut pun dilain sisi memiliki dampak terhadap meningkatnya indisen dan kecelakaan transportasi.

2.2.1. Kecelakaan Transportasi Laut

Sebagaimana yang diketahui, transportasi kelautan memiliki potensi kecelakaan yang cukup besar. Dimana didalam Peraturan Pemerintah No. 1 tahun 1998 tentang pemeriksaan kecelakaan kapal membagi pemeriksaan kecelakaan kapal dalam beberapa kategori, diantaranya adalah:

- Kapal tenggelam
- Kapal terbakar
- Kapal tubrukan
- Kecelakaan kapal yang menyebabkan terancam jiwa manusia dan kerugian harta benda

- Kapal kandas

Berdasarkan laporan analisis *trend* kecelakaan laut tahun 2003-2008 dari Komite Nasional Keselamatan Transportasi beberapa analisa karakteristik kecelakaan transportasi laut sebagai berikut :

Tabel 2. 2. Analisis Trend Kecelakaan Laut Tahun Tahun 2003-2008

	Tipikal Kecelakaan	Objek
Perkiraan Penyebab Kecelakaan	<p>a. Faktor Manusia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kecerobohan didalam menjalankan kapal, • Kekurangan kemampuan awak kapal dalam menguasai berbagai permasalahan yang mungkin timbul dalam operasional kapal, • Secara sadar membuat kapal <i>overload</i> <p>b. Faktor Teknis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kekurangan cermatan didalam desain kapal, • Penelataran perawatan kapal sehingga mengakibatkan kerusakan kapal atau bagian-bagian kapal yang menyebabkan kapal mengalami kecelakaan, terbakarnya kapal <p>c. Faktor Alam</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faktor cuaca buruk, badai, gelombang yang tinggi yang dipengaruhi oleh musim/badai, arus yang besar, kabut yang mengakibatkan jarak pandang terbatas 	<p>Nahkoda, anak buah kapal (ABK), petugas pemeriksa pelabuhan, penumpang</p> <p>Pemilik kapal, <i>marine inspector</i>, awak kapal, galangan kapal, pemasok peralatan kapal</p> <p>Alur pelayaran, kolam pelabuhan, informasi BMKG</p>
Pihak yang terlibat kecelakaan dan korban kecelakaan	<p>a. Kapal yang terlibat kecelakaan</p> <p>b. Gender (laki-laki/perempuan)</p> <p>c. Usia</p>	Nahkoda, ABK, penumpang
Lokasi	Lokasi kecelakaan	Alur pelayaran, kolam pelabuhan dan dermaga

Dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel 2.2.

Waktu kejadian	a. Jam kejadian b. Tanggal kejadian	Kapal, nahkoda, penumpang
Kronologi kejadian	a. Pergerakan kapal b. Kondisi kapal	Kapal

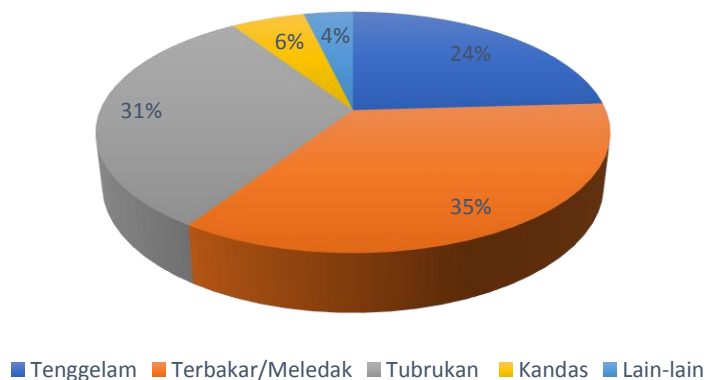
Sumber : PT. Trans Asia Consultant

Analisis karakteristik diatas memberikan gambaran bahwa kecelakaan transportasi laut menjadi hal yang perlu diperhatikan secara maksimal bagi seluruh pihak. Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 tentang pelayaran, kecelakaan kapal merupakan kejadian yang dialami oleh kapal yang dapat mengancam keselamatan kapal dan atau jiwa manusia. Dan tercatat oleh komite nasional keselamatan transportasi bahwa tingkat kecelakaan kapal selama lima tahun terakhir menunjukkan angka yang cukup tinggi seperti yang dijelaskan pada tabel dan grafik dibawah ini.

Tabel 2. 4. Data Historis Kecelakaan Transportasi Laut

No	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Jenis Kecelakaan					Korban Jiwa		Rekomendasi
			Tenggelam	Terbakar/Meledak	Tubrukan	Kandas	Lain-lain	Korban meninggal/hilang	Korban Luka-luka	
1	2010	5	1	1	3	0	0	15	85	45
2	2011	6	1	3	2	0	0	86	346	82
3	2012	4	0	2	2	0	0	13	10	28
4	2013	6	2	2	2	0	0	65	9	47
5	2014	7	2	3	2	0	0	22	4	25
6	2015	11	3	4	3	1	0	85	2	11
7	2016	15	4	4	3	2	2	51	18	35
Total		54	13	19	17	3	2	337	474	273
Prosentase			24%	35%	31%	6%	4%			

Sumber : Media Release KNKT, November 2016



Grafik 2. 2. Persentase Jenis Kecelakaan Transportasi Laut Tahun 2010-2016

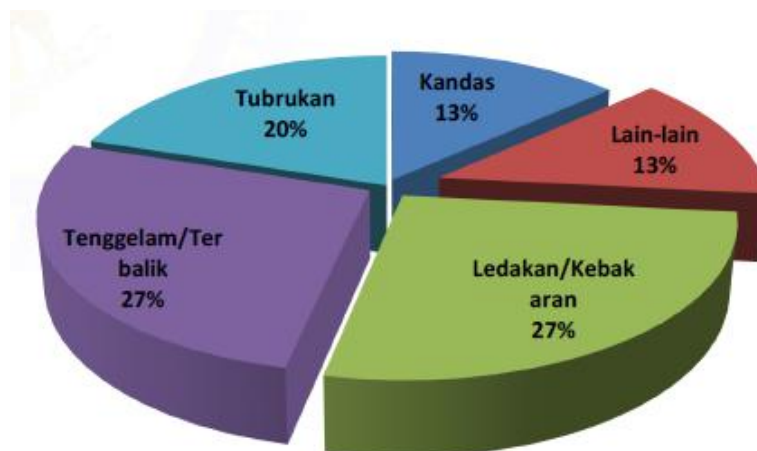
Sumber : Media Release KNKT, November 2016

Dan selama rentang tahun 2016 tersendiri tercatat angka kecelakaan kapal mencapai 15 kejadian dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 2. 9. Laporan Kecelakaan Kapal Tahun 2016

No	Kapal Yang Terlihat	Jenis Kecelakaan	Lokasi	Tanggal Kejadian
1	KM. Nusantara Akbar	Kebocoran di kamar mesin	Dumai, Riau	Februari 2016
2	KMP. Raflesia	Tenggelam	Selat Bali, Jatim	04 Maret 2016
3	MV. Glovis Maple	Awal kapal menenggal	Taboneo, Kalsel	04 April 2016
4	SPOB Kapuas	Kebakaran	Bangka Belitung	25 April 2016
5	LCT VIP Asia Jaya-MV Yue May	Tubrukan	Laut Jawa, Jatim	01 Juni 2016
6	KM. Bukit Jaya	Kandas	Pontianak, Kalbar	04 Juni 2016
7	Kapal Pancung	Terbalik	Tanjung Pinang, Kepri	21 Agustus 2016
8	MV. Gili Cat 2	Ledakan	Pandangbai, Bali	15 September 2016
9	MV. Divine Success	Kebakaran	Tj Priok, DKI Jakarta	16 September 2016
10	KM. Dharma Kencana VIII	Tenggelam	Labuhan Bajo, NTT	14 Oktober 2016
11	Kapal Cepat SB. Bintang Fajar	Kebakaran	Halmahera, Maluku Utara	15 Oktober 2016
12	KM. Lambelu	Kandas	Tarakan, Kalimantan Utara	22 Oktober 2016
13	KM. Dewa Rudi Perkasa	Tenggelam	APBS, Jatim	01 November 2016
14	MT. Victory Prima - FV Jaya II	Tubrukan	Belawan, Sumut	09 November 2016
15	MV. Tay Son 4 - FV Mulya Jaya	Tubrukan	Laut Jawa	19 November 2016

Sumber : Database KNKT, November 2016



Grafik 2. 5. Jenis Kecelakaan Kapal Tahun 2016

Sumber : Database KNKT, November 2016

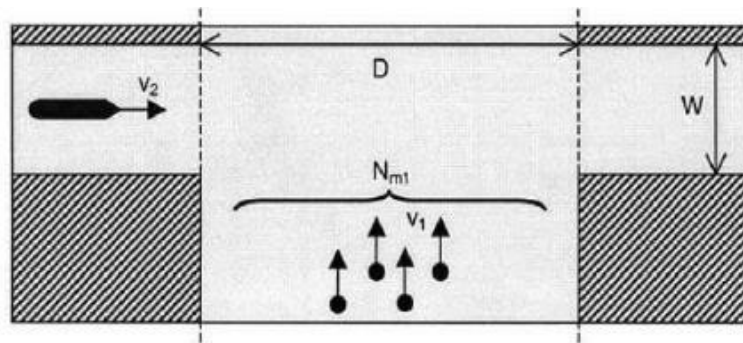
Dari Grafik 2.2 diatas terlihat bahwa masih cukup tingginya kecelakaan pelayaran atau kapal yang ada di Indonesia dari tahun ke tahun, walaupun adanya penurunan frekuensi akan tetapi kecelakaan kapal masih menjadi sesuatu yang perlu diperhatikan untuk mengurangi besarnya angka kecelakaan dan dampak nya yang akan ditimbulkan. Angka kecelakaan kapal karena tubrukan menjadi yang terbesar kedua setelah terbakar atau meledak selama rentang tahun 2010-2016 maupun pada rentang tahun 2016 sendiri.

2.2.2. Tubrukan Kapal

Tubrukan kapal adalah benturan atau tumbukan antara dua buah kapal yang bergerak dan dapat menimbulkan bahaya keselamatan nyawa manusia yang ada didalam kapal (*injuries fatalities*), kerusakan lingkungan (*pollutions*), dan kerugian akibat kerusakan muatan yang diangkut kapal (Kristiansen, 2005).

Atau berdasarkan *A Guide of Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations*, tubrukan merupakan dampak pada instalasi dari kapal atau bangunan laut yang laun yang meliputi bangunan didasar laut dan *platform* yang bekerja didekat instalasi. Adapun tipe dari tubrukan kapal dapat dibagi menjadi :

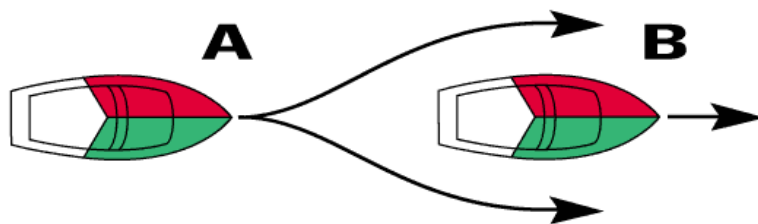
- a. *Crossing* (melintasi kapal lain atau bersimpangan)
Crossing collisions terjadi ketika dua atau lebih kapal bertemu pada sebuah persimpangan pada waktu yang sama.



Gambar 2. 8. *Crossing Collision*

Sumber : *Maritime transportation safety management and analysis*, Kristiansen

- b. *Overtaking* (menyalip kapal lain)
Overtaking collisions adalah keadaan dimana kapal berjalan pada arah yang sama namun dalam kecepatan berbeda.

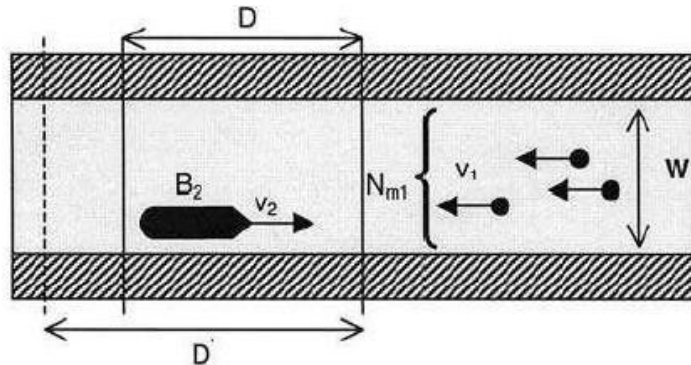


Gambar 2. 10. *Overtaking Collision*

Sumber : *Maritime transportation safety management and analysis*, Kristiansen

- c. *Head-on Collisions* (tubrukan antar haluan kapal)

Head-on collisions adalah keadaan dimana tubrukan terjadi ketika dua kapal mendekat, posisi saling berhadapan dalam arah yang berlawanan.



Gambar 2. 13. *Head-on Collision*

Sumber : *Maritime transportation safety management and analysis*, Kristiansen

2.3. Dasar Teori Risiko

Penilaian risiko (*risk assesment*) adalah metode yang digunakan untuk menentukan apakah suatu kegiatan mempunyai risiko yang dapat diterima atau tidak. Penilaian risiko didefinisikan sebagai seluruh rangkaian proses identifikasi kerusakan dan estimasi risiko seperti *likelihood*, *exposure*, konsekuensi, dan *safety level assesment* serta ketidakpastian yang juga dijadikan pertimbangan. Proses penilaian terhadap risiko dilakukan untuk mengidentifikasi seluruh kemungkinan buruk yang mungkin dapat membahayakan kesehatan manusia, lingkungan, proses produksi, maupun peralatan karena aktifitas manusia dan teknologi. Langkah awal dari *risk assesment* adalah identifikasi bahaya dan dampak dari bahaya tersebut. Siapa saja dan apa saja yang akan terkena dampak dari bahaya tersebut. Langkah berikutnya adalah menentukan frekuensi kejadian atau kemungkinan terjadinya bahaya tersebut. Seberapa sering kejadian tersebut terjadi, karena risiko adalah kombinasi dari *concequence* dan *probability*. Lalu langkah terakhir adalah melakukan *risk evaluation*. Definisi risiko secara sistematis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Risk} = (\text{event likelihood}) \times (\text{event concequence}) \quad (2.1)$$

Risiko pada umumnya didefinisikan sebagai probabilitas dari sebuah kejadian yang menyebabkan kerugian dan mempunyai potensi kerugian yang serius. Berdasarkan deskripsi diatas berarti jika risiko bertambah maka probabilitas juga akan bertambah. Pada tugas akhir ini akan membahas tingkat frekuensi tubrukan kapal yang harus mampu diterima oleh *acceptance standard criteria* yaitu 1 kejadian setiap tahunnya. Jika terjadi satu kejadian saja maka sudah jelas menimbulkan risiko tubrukan.

2.4. Metode Analisis Frekuensi Tubrukan Kapal

Tubrukan kapal adalah benturan atau tumbukan antara dua buah kapal yang bergerak dan dapat menimbulkan bahaya keselamatan nyawa manusia yang ada didalam kapal

(*injuries fatalities*), kerusakan lingkungan (*pollutions*), dan kerugian akibat kerusakan muatan yang diangkut kapal (Kristiansen, 2005).

Seperti yang dijelaskan diatas bahwa Alur Pelayaran Barat Surabaya memiliki sarana bantu navigasi pelayaran yang berfungsi salah satunya untuk memberitahukan adanya bahaya atau rintangan pelayaran. Sebagaimana yang dijelaskan pada Peraturan Menteri Perhubungan RI Nomor 25 Tahun 2011 bahaya atau rintangan yang dimaksudkan ialah :

- Bangunan dan atau instalasi;
- Rintangan alam;
- Kerangka kapal.

Dan bangunan atau instalasi yang dimaksudkan adalah :

- Anjungan lepas pantai (*platform*);
- Tangki penampung terapung (*floating production storage oil*);
- Pipa dan atau kabel bawah air;
- Tiang penyangkah dan atau jembatan; dan
- *Oil well head*

Oleh karena akan dibangunnya anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3” di dekat Alur Pelayaran Barat Surabaya maka akan dimungkinkan munculnya potensi bahaya khususnya tubrukan.

Perhitungan frekuensi tubrukan kapal akan menggunakan metode perhitungan yang biasa digunakan untuk tubrukan kapal dengan *platform* maupun objek lain. Sedangkan skenario tubrukan kapal yang akan digunakan adalah *powered vessel collision* dan *drifting collision*.

2.4.1. Quantitative Risk Assessment (Model CRASH)

Quantitative Risk Assessment (QRA) adalah analisa risiko yang memberikan estimasi numerik untuk probabilitas dan/atau konsekuensi yang terkadang dihubungkan dengan ketidakpastian. Beberapa industri memakai nama lain untuk QRA ini seperti pada industri nuklir US dan industri luar angkasa disebut juga *Probability Risk Analysis (PRA)*, di industri nuklir Eropa QRA disebut juga sebagai *Probability Safety Analysis (PSA)* dan di industri maritim sering disebut sebagai *Formal Safety Assessment (FSA)*. (*Risk management introduction, 2015*).

2.4.1.1. Powered Vessel Collisions Models

Pada perhitungan frekuensi peluang tubrukan kapal akibat instalasi anjungan lepas pantai ini akan menggunakan *Quantitative Risk Assessment* dengan model CRASH (*Computerised Risk Assessment of Shipping Hazards*) dari Det Norske Veritas.

Berdasarkan *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* diasumsikan bahwa frekuensi tubrukan adalah sesuai dengan jumlah kapal yang melewati *platform* pada area pelayaran tersebut.

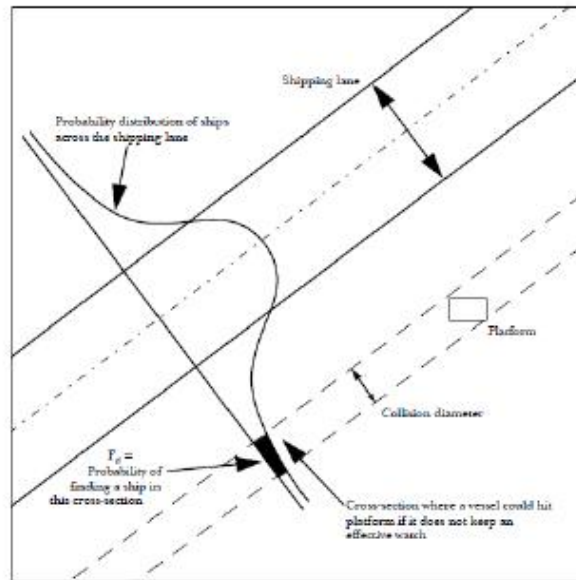
$$F_{CP} = N \times F_d \times P_1 \times P_2 \times P_3 \quad (2.2)$$

Keterangan :

F_{CP} = Frekuensi tubrukan kapal dengan objek

N = Jumlah kapal yang melewati alur pelayaran

- F_d = Proporsi kapal yang melewati alur pelayaran dan menuju ke area yang terdapat objek
 P_1 = Peluang kapal mengalami kegagalan dalam berlayar di alurnya
 P_2 = Peluang kapal mengalami kegagalan dalam *watchkeeping*
 P_3 = Peluang objek gagal dalam memberikan *alert* pada kapal yang berlayar untuk mencegah tubrukan.



Gambar 2. 16. *Powered Vessel Collision Model*

Sumber : *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* (Spouge, 1999)

- *Collision Geometry*

Frekuensi tubrukan sebanding dengan ukuran kapal dan *platform*. Gabungan dari kedua ukuran ini disebut dengan *collision diameter*. *Collision diameter* merupakan lebar dari alur dimana kapal menubruk *platform* (Spouge, 1999)

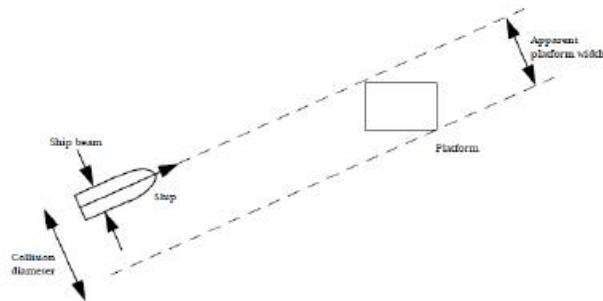
Formula untuk mencari *collision diameter* adalah sebagai berikut :

$$D = W_A + B \quad (2.3)$$

Keterangan :

W_A = *Apparent platform width*

B = *Ship beam*



Gambar 2. 17. *Collision Geometry*

Sumber : *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* (Spouge, 1999)

- *Shipping Line Geometry*

Peluang (F_d) kapal mengalami tubrukan dengan *platform* adalah sebanding dengan distribusi kepadatan kapal yang melintasi alur seperti pada *collision diameter* (*A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations*, 1999)

$$F_D = D \times f(A) \quad (2.4)$$

Keterangan :

D = *Collision diameter*

$f(A)$ = Kemungkinan kepadatan pada *center* dari objek

A = Jarak dari objek ke garis tengah alur pada titik terdekat yang dijangkau

Pada distribusi normal, peluang kepadatannya adalah : σ

$$f(A) = \frac{1}{2\sigma} \exp \frac{-k^2}{2} \quad (2.5)$$

Keterangan :

σ = Standard deviasi dari distribusi lalu lintas yang melewati alur

k = A/σ atau jumlah dari standard deviasi objek dari pusat alur

2.4.1.2. *Drifting Vessel Collision Models*

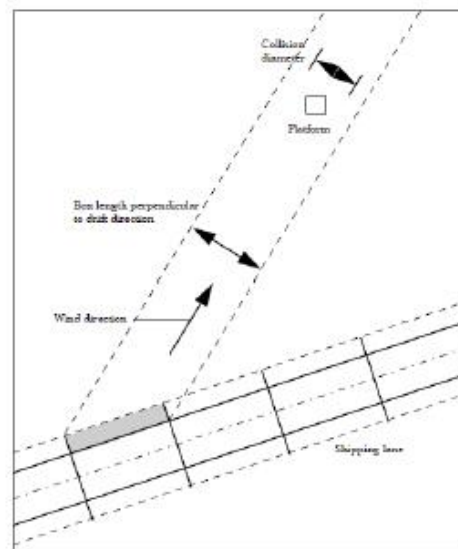
Salah satu tipe tubrukan kapal yang lain selain *powered vessel collisions* adalah *drifting collision*. *Drifting collision* adalah tubrukan yang diakibatkan karena kapal menyimpang dari alur dan menabrak dengan *platform* terdekat.

Adapun kondisi yang mempengaruhinya adalah sebagai berikut :

- Kapal mengalami kerusakan sistem penggerak
- Kapal mengalami kegagalan didalam kapal itu sendiri sebelum kapal menjangkau objek

- Ada kapal lain yang mencoba untuk menarik kapal tersebut tapi tidak berhasil
- Arah angin menyebabkan kapal menyimpang dari alur dan menuju objek

(Sumber : Pratiwi Emmy, 2015)



Gambar 2. 18. *Drifting Collision Model*

Sumber : *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* (Spouge, 1999)

Pada model CRASH, frekuensi dari *drifting collision* dapat dihitung dengan membagi bagian pada alur pelayaran yang berdekatan dengan objek jika objek dinamis, dan tidak perlu melakukan pembagian zona ketika objek bersifat statis. Dan frekuensi dapat dihitung pada setiap kapal yang berada dalam pembagian zona tersebut dan menyimpang dari alur sehingga bergerak menuju objek.

$$F_{CD} = N_b \times P_b \times P_w \times D / BL \quad (2.6)$$

Keterangan :

F_{CD} = Frekuensi tubrukan kapal dikarenakan *drifting* (per tahun)

N_b = jumlah kapal pada kotak (kapal/tahun)

P_b = Peluang kegagalan mesing penggerak (*breakdown probability*) didalam box

P_w = peluang angin bertiup dari kotak ke objek

D = *Collision diameter*

BL = Panjang garis tegak lurus kotak ke arah angin .

2.4.2. SAMSON Model

Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea atau yang biasa disebut dengan SAMSON merupakan metode perhitungan *risk assessment* yang dipublikasikan oleh *Maritime Research Institute Netherlands* atau MARIN. SAMSON memiliki beberapa macam jenis kecelakaan yang mana salah satu diantaranya adalah

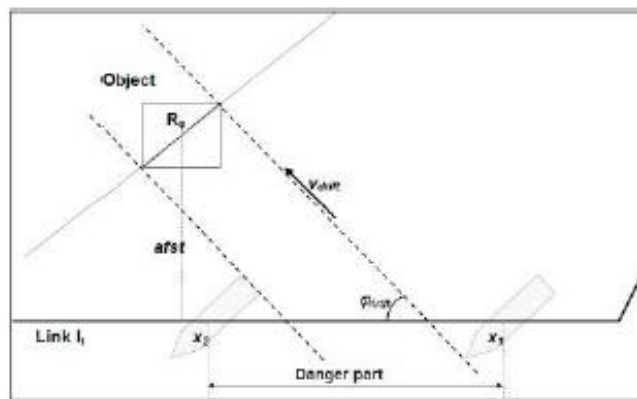
tubrukan kapal dengan objek lain. Dalam metode ini pun akan dikaji menjadi dua model tubrukan kapal dengan penyebab yang berbeda, diantaranya yaitu *contact drift model* dan *contact ram model*.

2.4.2.1. Contact Drift Model

Drifting collision merupakan kejadian tubrukan kapal yang disebabkan karena kapal mengalami kerusakan mesin dan adanya penyimpangan dari alur yang seharusnya dengan kecepatan tertentu (*drift velocity*). Kapal dapat menabrak objek lain apabila kapal mengarah kepada objek tertentu dan kapal tidak bisa memperbaiki kerusakan sistem penggerak pada waktu tertentu (MARIN *Drift Model*, 2014).

Dimana pada SAMSON Model ini kapal diasumsikan berlayar dari satu *waypoint* menuju *waypoint* yang lainnya, atau yang biasa disebut di MARIN sebagai *link*. Adapun langkah-langkah dalam menentukan jumlah kapal yang mengalami *drifting* dan menabrak objek lain adalah sebagai berikut :

- Penentuan *danger part* dari *link*
Danger part menunjukkan bagian mana dari *link* yang berpotensi terjadi tubrukan dengan objek. Ketika sistem penggerak dari kapal mengalami kegagalan, kemudian kapal terseret arus sesuai dengan arah angin tertentu (*drift velocity*) maka kita harus menentukan pada *link* mana kapal akan menabrak objek, bagian *link* inilah yang disebut dengan *danger part*.

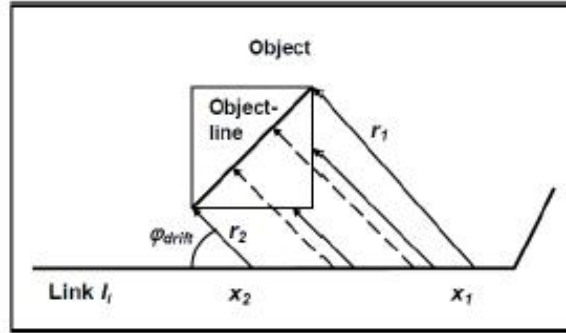


Gambar 2. 19. *Danger Part in Contact Drift Model*

Sumber : MARIN, *Contact Drift Model*, 2014

Pada Gambar 2.11 *Danger Part* bergantung pada koordinat dari *waypoint* yang menghubungkan *link*, dimensi objek, panjang kapal dan *drift direction*.

- *Drifting Distance*
 Dalam mengetahui apakah kapal akan menabrak objek harus diketahui terlebih dahulu waktu *drifting* kapal hingga ke objek. Waktu ini bergantung dari jarak antara titik dimana kapal mengalami kerusakan sistem penggerak dengan objek.



Gambar 2. 20. *Drifting Distance*
Sumber : MARIN, *Contact Drift Model*, 2014

Adapun berdasarkan MARIN *Drift Model*, 2014 untuk menghitung *drifting distance* dapat dihitung dalam tiga kondisi berikut namun perlu mengetahui jarak *drifting distance* pada kedua titik dari *danger part* yang mana disebut r_1 dan r_2 .

- a) Objek *line* paralel dengan *link* ($|r_1 - r_2| < 0.001$)

$$r(x) = r_1 \quad (2.7)$$

- b) Objek *line* tidak bersimpangan dengan *link*
($|r_1 - r_2| > 0.001$)

$$r(x) = \frac{r_2 - r_1}{x_2 - x_1} (x_2 - x_1) + r_1 \quad (2.8)$$

- c) Objek *line* bersimpangan dengan *link*

$$x_0 = x_1 - r_1 \frac{x_2 - x_1}{r_2 - r_1} \quad (2.9)$$

$$x \in [x_1, x_0] : r_{II} = \frac{|r_1|}{x_1 - x_0} (x - x_0) \quad (2.10)$$

$$x \in [x_0, x_2] : r_{II} = \frac{|r_2|}{x_2 - x_0} (x - x_0) \quad (2.11)$$

- *Drift Velocity*

Drifting collision merupakan kejadian tubrukan kapal yang disebabkan karena kapal mengalami kerusakan mesin dan adanya penyimpangan dari alur yang seharusnya dengan kecepatan tertentu (*drift velocity*). Dimana *drift velocity* ini bergantung dari kecepatan angin, arus dan gelombang. Arah *drifting* diasumsikan searah dengan arah angin, dan kecepatan *drifting* diasumsikan konstan (MARIN *Drift Model*, 2014)

$$v_{drift} = \sqrt{\frac{\rho_{air}}{\rho_w} \frac{A_{Lin}}{L_i T_{in}} \frac{c_{dwind}}{c_d} v_b^2 + \frac{1}{8} \frac{\zeta_b^2 g R^2}{T_{in} c_d}} \quad (2.12)$$

Dimana :

V_{drift}	= <i>Drifting velocity</i> kapal i pada kondisi berbeban dengan angin dan gelombang mengikuti <i>Beaufort class</i>
V_b	= <i>Wind velocity</i> untuk <i>Beaufort class</i>
ρ_{air}	= <i>Density</i> udara
ρ_w	= <i>Density</i> air
$ALin$	= Permukaan lateral udara pada kapal i saat kondisi berbeban n
L_i	= Panjang kapal i
Tin	= Sarat kapal i pada kondisi berbeban n
ζ_b	= <i>Significant wave amplitude</i> diasumsikan dihasilkan untuk <i>Beaufort class B</i>
cd_{wind}	= Koefisien permukaan lateral angin kapal
cd	= Koefisien gesekan lateral pada <i>body</i> yang tercelup air
R	= <i>Wave drift coefficient</i>
g	= <i>Gravity constant</i>

Dengan asumsi :

Cd_{wind}	= 0,9 untuk semua tipe kapal
Cd	= 0,8 untuk semua tipe kapal

- Kemungkinan waktu *drifting* lebih lama dari waktu untuk memperbaiki kerusakan sistem penggerak.

Pada kecepatan *drift* (v_{drift}) tertentu, kapal akan menuju objek yang berjarak $r(x)$ dengan waktu $t(x)$. (MARIN *Drift Model*, 2014).

$$t(x) = \frac{r(x)}{v_{drift}} \quad (2.13)$$

Apabila waktu dari kegagalan sistem penggerak tersebut lebih lama daripada $t(x)$ maka kapal akan menabrak objek, Sehingga kemungkinan tubtukan kapal dengan objek dari titik x pada *link* sama dengan kemungkinan kegagalan mesin kapal yang membutuhkan waktu lebih lama daripada $t(x)$.

$$P_{drift}(x) = P_{EF}(t > t(x)) \quad (2.14)$$

Repair function atau kemungkinan kegagalan mesin dengan durasi tertentu menggunakan fungsi berikut sejak Januari 2005 :

$$P_{EF}(t > t(x)) = 1 \quad \text{untuk } t < 0.25 \quad (2.15)$$

$$P_{EF}(t > t(x)) = \frac{1}{1.5(t(x) - 0.25) + 1} \quad \text{untuk } t > 0.25 \quad (2.16)$$

$P_{EF}(t > t(x))$ = Kemungkinan kegagalan mesin dalam waktu tertentu yang melebihi waktu perbaikan

Kapal hanya akan menabrak objek ketika berada di daerah bahaya dari *link*, jadi hanya diantara x_1 dan x_2 saja. Sehingga dengan mengintegrasikan persamaan diatas pada titik x_1 dan x_2 akan memberikan total kemungkinan terjadinya *drifting*: Dengan x_1 dan x_2 adalah titik batas dari *danger part*.

$$P_{DRIFT} = \int_{x_1}^{x_2} P_{drift}(x) dx \quad (2.17)$$

Sehingga *Danger Mile* (DM) untuk *link* li :

$$DM(l_i) = P_{DRIFT}(l_i) \times N_{ship}(l_i) \quad (2.18)$$

Langkah terakhir untuk menentukan jumlah kapal yang akan menabrak objek adalah dengan mengalikan *danger mile* dengan kemungkinan kegagalan mesin.

$$N_{DRIFT} = \sum_{li} DM(l_i) \times P_{ENGINE FAILURE} \quad (2.19)$$

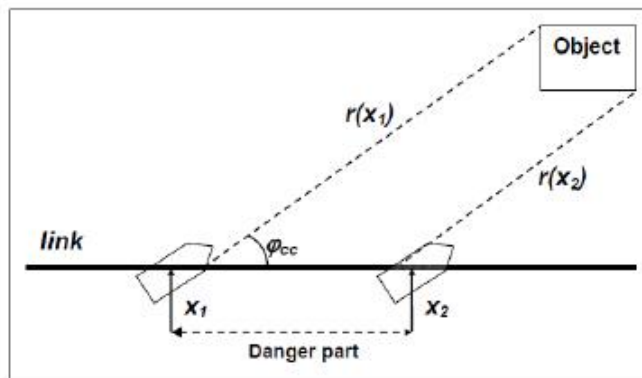
Dimana :

N_{DRIFT} = Jumlah kapal yang akan menabrak objek dari *link* li

2.4.2.2. Contact Ram Model

Contact ramming collision dengan objek tertentu disebabkan adanya *navigational error* atau *human error* (MARIN Ram Model, 2014). Sama dengan *contact drift model*, *danger part* dan *link* harus ditentukan terlebih dahulu menurut perubahan jalur yang ada (ϕ_{cc}).

Apabila *error* yang muncul dapat diketahui dengan cepat atau pada waktu yang tepat maka kemungkinan tubrukan masih akan bisa dihindari. Namun apabila terlambat dalam menyadari adanya *error* dan kapal sudah terlalu dekat dengan objek, kemungkinan kapal menabrak akan menjadi lebih besar. (MARIN Ram Model, 2014).

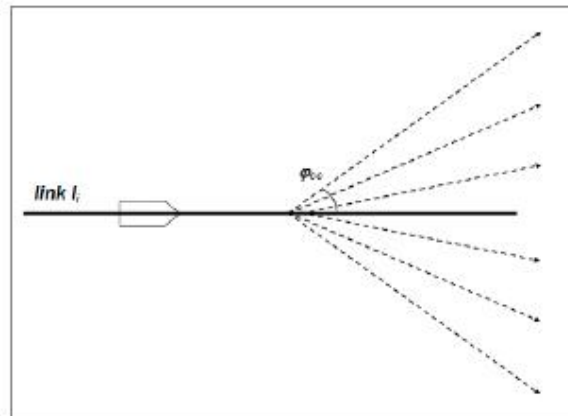


Gambar 2. 21. *Danger Part* dari *Link* pada *Ram Contact Model*

Sumber : MARIN, *Contact Ram Model*, 2014

- *Danger Part*

Danger part pada *contact ram model* sama dengan *contact drifting model*. Akan tetapi ada perbedaan pada kemana arah kapal akan melaju. Pada *contact ram model*, diasumsikan bahwa *navigational error* dapat terjadi pada *seven course change angle* yang berbeda-beda. (MARIN *Contact Ram Model*, 2014).



Gambar 2. 22. *Ram Direction*
Sumber : MARIN, *Contact Ram Model*, 2014

Adapun probabilitas *course change angle* yang berbeda adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 13. *Course Change Angle*

<i>Course Change Angle</i>	<i>Probability</i>
ϕ_{cc}	P_{cc}
-30	0.05
-20	0.10
-10	0.20
0	0.30
10	0.20
20	0.10
30	0.05

Sumber : MARIN *Contact Ram Model*, 2014

- *Avoidance Function*

Avoidance function pada *ramming collision* sama dengan *repair function* pada *contact drift model*, yaitu apakah kapal dapat menghindari tubrukan atau tidak tergantung dari panjang (ukuran) kapal dan *ramming distance*. Kapal yang besar akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mengubah arahnya jika dibandingkan dengan kapal kecil, sehingga kemungkinan untuk menghindari tubrukan adalah kombinasi dari *ramming distance* dan ukuran panjang kapal (MARIN *Ram Model*, 2014).

$$P_{HIT}(r, L) = e^{-\alpha L} \quad (2.20)$$

Dimana :

$PHIT$ = Kemungkinan benturan dengan objek

r = *Ramming distance*

L = Panjang kapal

α = (*Dimensionless*) *Danger measure* (nilainya adalah 0.1)

Jarak ke objek tergantung dari posisi x pada *link*, tipe dan ukuran kapal dan juga *course change angle* ϕ_{cc} : $r(x, type, size, \phi_{cc})$. Oleh karena itu probabilitas kapal menabrak objek dari suatu titik tertentu karena *navigational error* ditentukan dengan :

$$PRAM(r, type, size, \phi_{cc}) = PHIT(r(x, type, size, \phi_{cc}), L(type, size)) \quad (2.21)$$

Dimana :

$PHIT(r, L)$ = Probabilitas kapal dengan panjang L akan mengenai objek pada jarak r

$(r(x, type, size, \phi_{cc}))$ = Jarak antara titik x pada *link* dengan objek

$L(type, size)$ = Panjang kapal dengan tipe dan ukuran tertentu

Kemungkinan *ramming* ke objek dapat dicari dengan mengintegalkan persamaan diatas, maka :

$$\begin{aligned} P_{RAM}(type, size, \phi_{cc}) &= \int_{x_1}^{x_2} P_{RAM}(x, type, size, \phi_{cc}) dx \\ &= \int_{x_1}^{x_2} e^{-\alpha \frac{(r(x, type, size, \phi_{cc}))}{L}} dx \end{aligned} \quad (2.22)$$

Probabilitas kapal menabrak objek dapat ditentukan dengan mengalikan kemungkinan *course change angle* tertentu dengan *specific course change angle*.

$$PRAM(type, size) = \sum P\phi_{cc} RAM(type, size, \phi_{cc})P(\phi_{cc}) \quad (2.23)$$

Oleh karena itu, *Ramming Oportunities* (RO) untuk *link li* dengan jumlah kapal (per tipe dan ukuran) yang akan menabrak objek karena *navigational error* adalah :

$$RO(li, type, size) = PRAM(type, size) N(type, size, li) \quad (2.24)$$

Dengan $N(type, size, li)$ adalah jumlah kapal dengan tipe dan ukuran tertentu pada *link li*.

Langkah terakhir adalah mengalikan *Ramming Oportunities* (RO) dengan kemungkinan terjadinya *navigational error* untuk tipe dan ukuran kapal tertentu (MARIN *Ram Model*, 2014).

$$NRAM = \sum li \sum type \sum size RO(li, type, size) \times PNAV ERROR \quad (2.25)$$

2.5. Visual Basic for Application

Visual Basic for Application (VBA) merupakan sebuah bahasa pemrograman dikembangkan oleh *Microsoft*. Singkatnya, *Excel VBA* adalah *tools* yang akan digunakan untuk pengembangan program-program yang akan mengontrol *Microsoft Excel* sehingga *Microsoft Excel* akan melakukan apapun yang diperintahkan secara cepat dan akurat. Program *Excel VBA* tidak akan bisa dijalankan tanpa adanya *Microsoft Excel* yang akan dijadikan induk.

Adapun tujuan dari penggunaan VBA adalah :

- Mengotomasikan proses yang sering dilakukan (*recurring task*).
- Mengotomasikan proses yang dilakukan secara berulang-ulang (*repetitive task*).
- Mengotomasikan berjalannya proses jika suatu kondisi terpenuhi (*event programming*).
- Membuat formula khusus sendiri (*user defined functions, UDF*).
- Membuat tampilan *worksheet* lebih menarik atau mudah dioperasikan (*look-and-feel imrovisation*).
- Mengontrol jalannya proses pada aplikasi lainnya.

(Sumber : *VBA Trainning Module, LSCM Laboratory-ITS*)

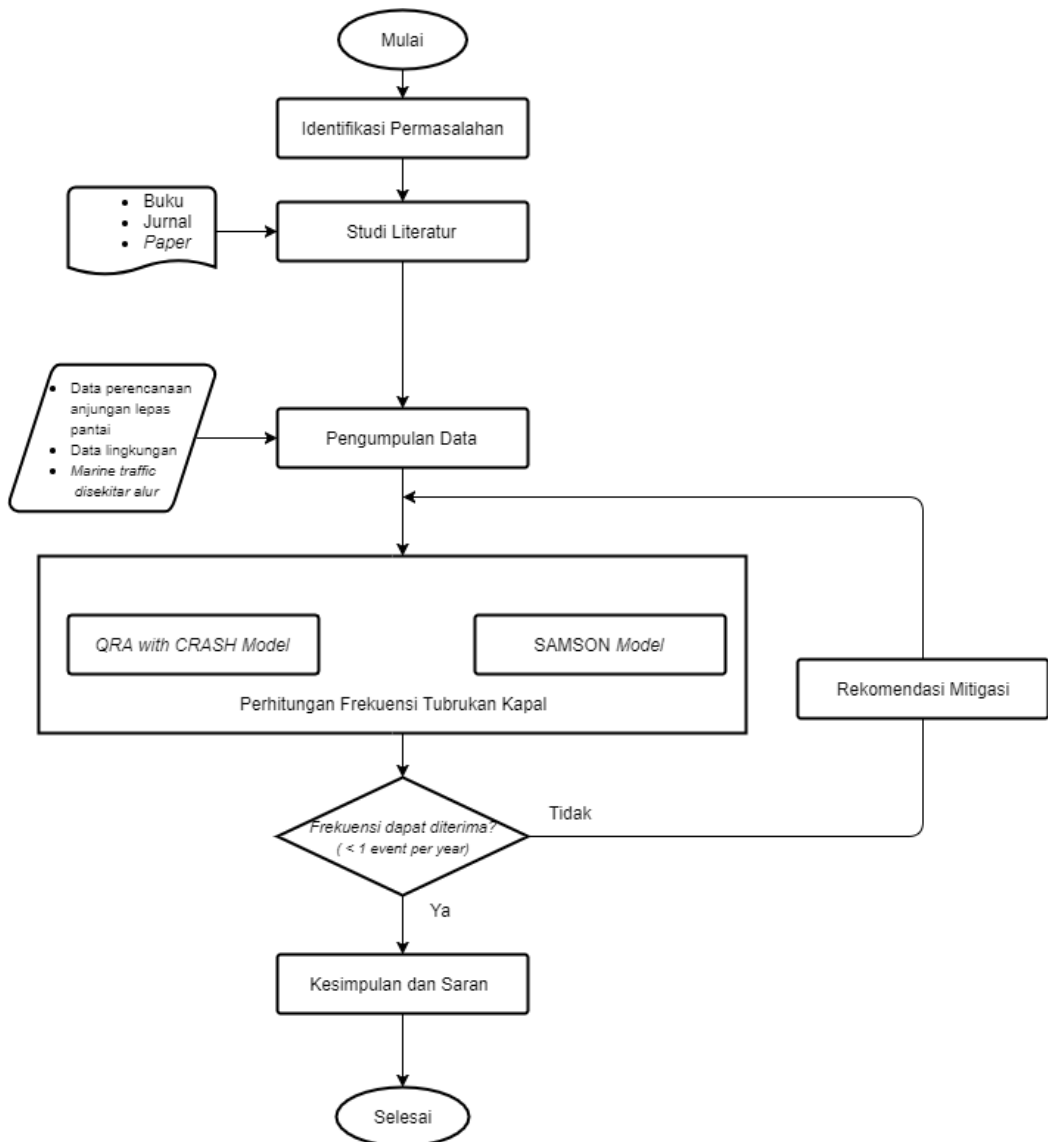
2.6. Acceptance Standard Criteria

Dengan semakin besarnya pertumbuhan arus barang di Pelabuhan Tanjung Perak, PT Pelindo III (Persero) sebagai pengelola pelabuhan telah melakukan investasi dan perbaikan fasilitas maupun alat bongkar muat, serta melebarkan Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS). Alur Pelayaran Barat Surabaya sendiri merupakan alur vital bagi lalu lintas dari dan atau menuju Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Berdasarkan tujuan dari PT. Pelindo III (Persero) yang menjelaskan bahwa nantinya pada Alur Pelayaran Barat Surabaya ini tidak adanya kecelakaan pelayaran, maka frekuensi kecelakaan kapal harus kurang dari satu (1) kejadian per tahun, jika ternyata terjadi kejadian kecelakaan maka nantinya akan diberikan rekomendasi untuk mengurangi tingkat frekuensi kecelakaan pada penelitian tugas akhir ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, tentu saja memerlukan proses yang harus terstruktur. Hal tersebut ada agar kedepannya dalam pengerjaan akan terasa lebih terarah dan lebih mudah. Adapun tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1. *Flowchart* Metodologi Penelitian

1. Identifikasi Permasalahan

Mengidentifikasi permasalahan yang terjadi untuk menentukan perumusan masalah apa saja yang akan diambil. Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam penelitian. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan dalam tugas akhir. Pencarian masalah dilakukan dengan cara menggali informasi mengenai masalah yang terjadi pada saat ini. Dari tahap ini juga, tujuan mengapa tugas akhir ini dikerjakan dapat diketahui. Dalam penelitian ini, masalah yang akan dibahas dan dipecahkan adalah mengenai perhitungan frekuensi tubrukan kapal akibat instalasi anjungan lepas pantai di dekat Alur Pelayaran Barat Surabaya.

2. Studi Literatur

Dimana yang harus dilakukan pada tahap ini, adalah mencari referensi permasalahan-permasalahan yang ada berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada skripsi ini, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan. Studi literatur dapat dilakukan dengan cara menggali paper atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan, peraturan pemerintah dan buku penunjang yang berhubungan dengan kecelakaan kapal terkhusus tubrukan kapal serta penialain frekuensi tubrukan kapal akibat instalasi anjungan lepas pantai.

3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini akan mengumpulkan data-data penunjang yang dapat membantu proses penelitian dan pengerjaan tugas akhir, diantaranya adalah :

- Data perencanaan anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3” ;
- Data lingkungan sekitar tempat perencanaan anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3” di Alur Pelayaran Barat Surabaya ;
- *Marine traffic* disekitar Alur Pelayaran Barat Surabaya.

4. Perhitungan Frekuensi Tubrukan Kapal

Metode yang akan digunakan dalam menghitung besarnya frekuensi tubrukan kapal adalah *Quantitative Risk Assessment* dengan model CRASH (*Computerised Risk Assessment of Shipping Hazards*) dari Det Norske Veritas dan SAMSON Model dengan skenario tubrukan kapal yang akan digunakan adalah *powered vessel collision* dan *drifting collision* lalu yang mana nantinya akan ada pengembangan berbasis perangkat lunak atau *software* guna mempermudah perhitungan kedepannya dengan *Visual Basic for Application (VBA)* pada *Microsoft Excel*.

5. Rekomendasi Mitigasi

Rekomendasi untuk mitigasi akan diberikan ketika hasil dari perhitungan frekuensi tubrukan kapal tidak dapat diterima oleh *acceptance standard criteria*. Mitigasi ini akan diberikan sebagai usulan mengurangi besarnya tingkat frekuensi tubrukan kapal.

6. Kesimpulan dan Saran

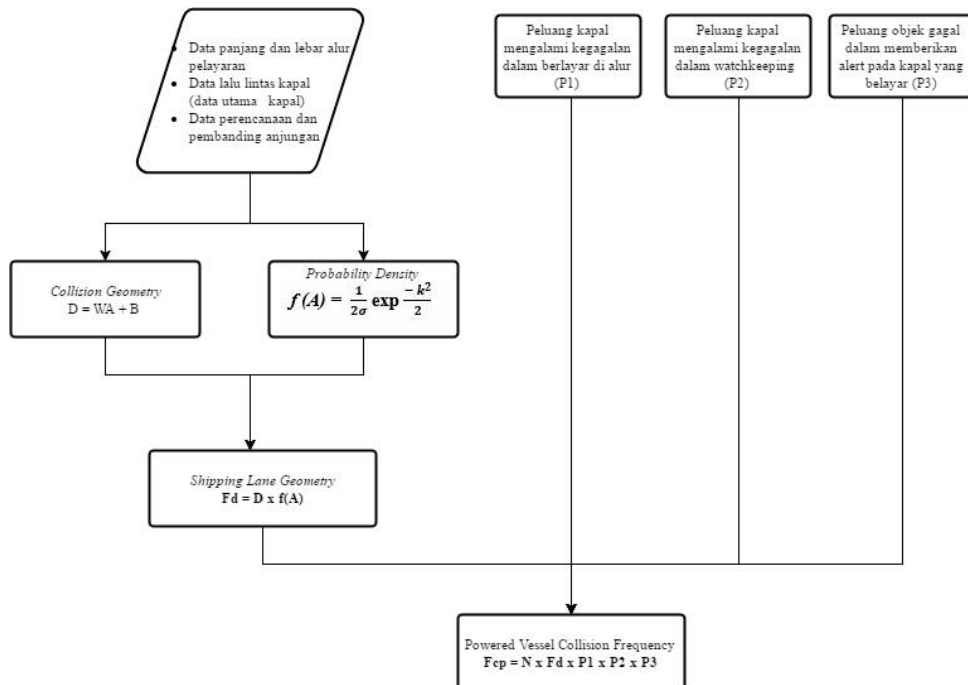
Langkah terakhir adalah membuat kesimpulan keseluruhan proses yang telah dilakukan sebelumnya serta memberikan jawaban atas permasalahan yang ada. Saran-

saran diberikan berdasarkan hasil dari analisis yang dapat dijadikan dasar pada penelitian selanjutnya, baik terkait secara langsung pada penelitian ini ataupun pada data-data dan metodologi yang nantinya akan dirujuk maupun dikembangkan.

3.1. Detail Langkah Perhitungan Dengan Metode *Quantitative Risk Assessment (CRASH Model)*

3.1.1. Detail Langkah Perhitungan *Powered Vessel Collision* dengan Metode *Quantitative Risk Assessment (CRASH Model)*

Untuk mempermudah dalam tahapan pengerjaan penelitian ini, maka akan dibantu dengan adanya diagram alir tahapan perhitungan pada *powered vessel collision* seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3. 2. Flowchart Perhitungan *Powered Vessel* dengan *CRASH Model*

Diagram alir diatas menjelaskan langkah-langkah detail yang diperlukan untuk melakukan perhitungan frekuensi tubrukan kapal pada *powered vessel collision* dengan metode *Quantitative Risk Assessment (CRASH Model)*.

- Pengumpulan Data

Pada tahap ini akan diperlukan beberapa data pendukung untuk melakukan detail perhitungan, diantaranya adalah :

- Data panjang dan lebar alur pelayaran (APBS)
- Data lalu lintas kapal yang memuat data dimensi kapal
- Data perencanaan anjungan lepas pantai

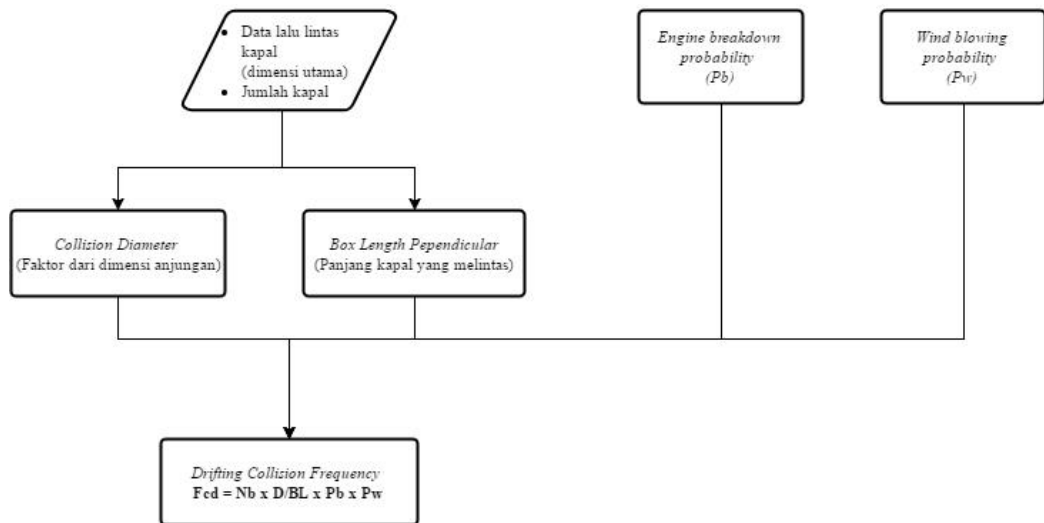
- Melakukan Perhitungan *Collision Geometry*
Frekuensi tubrukan sebanding dengan ukuran kapal dan *platform*. Gabungan dari kedua ukuran ini disebut dengan *collision diameter*. *Collision diameter* merupakan lebar dari alur dimana kapal menubruk *platform* (Spouge, 1999). Dimana untuk mencari nilai dari *collision diameter* didapatkan dari menjumlahkan kedua fungsi *apparent platform width* dan lebar kapal terbesar yang melintasi alur.
- Melakukan Perhitungan *Shipping Lane Geometry*
Peluang (F_d) kapal mengalami tubrukan dengan *platform* adalah sebanding dengan distribusi kepadatan kapal yang melintasi alur seperti pada *collision diameter*. Dimana *shipping lane geometry* didapatkan dari perkalian fungsi *collision diameter* dan *probability density*. Dimana nilai dari *probability density* harus didapatkan terlebih dahulu sebagaimana pada formula 2.4.
- Mencari Besarnya Nilai Peluang
Dalam perhitungan *powered vessel collision* diperlukan beberapa peluang untuk menghitung besarnya nilai frekuensi tubrukan kapal, diantaranya adalah :
 - Peluang kapal mengalami kegagalan dalam berlayar di alur
 - Peluang kapal mengalami kegagalan dalam *watchkeeping*
 - Peluang objek gagal dalam memberikan *alert* pada kapal yang berlayar disepanjang alur.
 Besarnya nilai peluang diatas didapatkan dengan melakukan beberapa scenario penyebab dengan menggunakan metode *fault tree analysis*. Besarnya nilai peluang gagal didapatkan dari beberapa sumber dan berdasarkan asumsi.
- Melakukan Perhitungan Frekuensi Tubrukan Kapal
Setelah beberapa fungsi diatas didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan tingkat frekuensi tubrukan kapal dengan cara mengalikan dari nilai *shipping lane geometry*, *failure function* dan jumlah kapal yang melintas disekitar alur dalam kurun waktu satu tahun.

3.1.2. Detail Langkah Perhitungan *Drifting Collision* dengan Metode *Quantitative Risk Assessment (CRASH Model)*

Untuk mempermudah dalam tahapan pengerjaan penelitian ini, maka akan dibantu dengan adanya diagram alir tahapan perhitungan pada *drifting collision* seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.3. dibawah ini.

Drifting collision adalah tubrukan yang diakibatkan karena kapal menyimpang dari alur dan menabrak dengan *platform* terdekat. Adapun kondisi yang mempengaruhinya adalah sebagai berikut :

- Kapal mengalami kerusakan sistem penggerak
- Kapal mengalami kegagalan didalam kapal itu sendiri sebelum kapal menjangkau objek
- Arah angin menyebabkan kapal menyimpang dari alur dan menuju objek



Gambar 3. 3. Flowchart Perhitungan *Drifting Collision* dengan *CRASH Model*

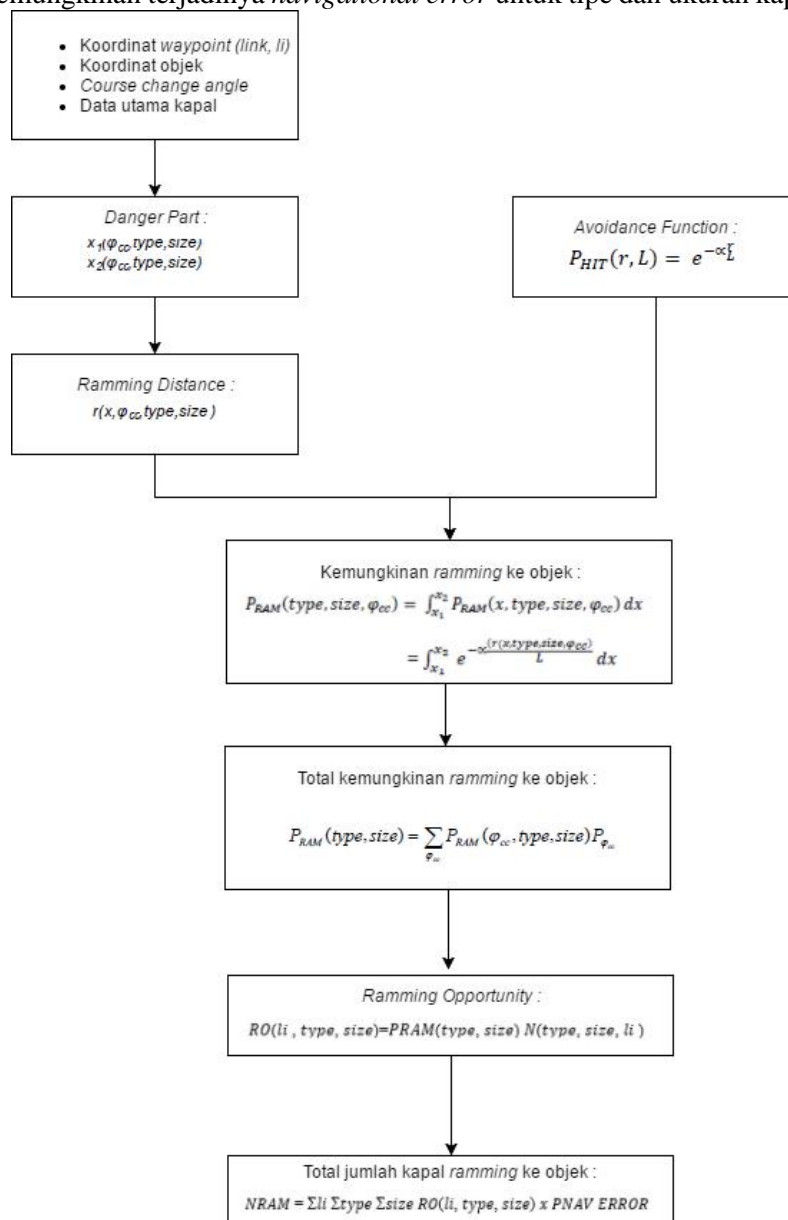
3.2. Detail Langkah Perhitungan Dengan *Metode Safety Assessment Models For Shipping And Offshore In The North Sea (SAMSON) Model*

3.2.1. Detail Langkah Perhitungan *Contact Ramming Model* dengan *Metode SAMSON*

Salah satu metode lain yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah metode SAMSON yang dikembangkan oleh *Maritime Research Institute Netherlands* atau MARIN. Berikut merupakan detail langkah perhitungan dalam *contact ramming model* pada SAMSON, dimana diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.4.

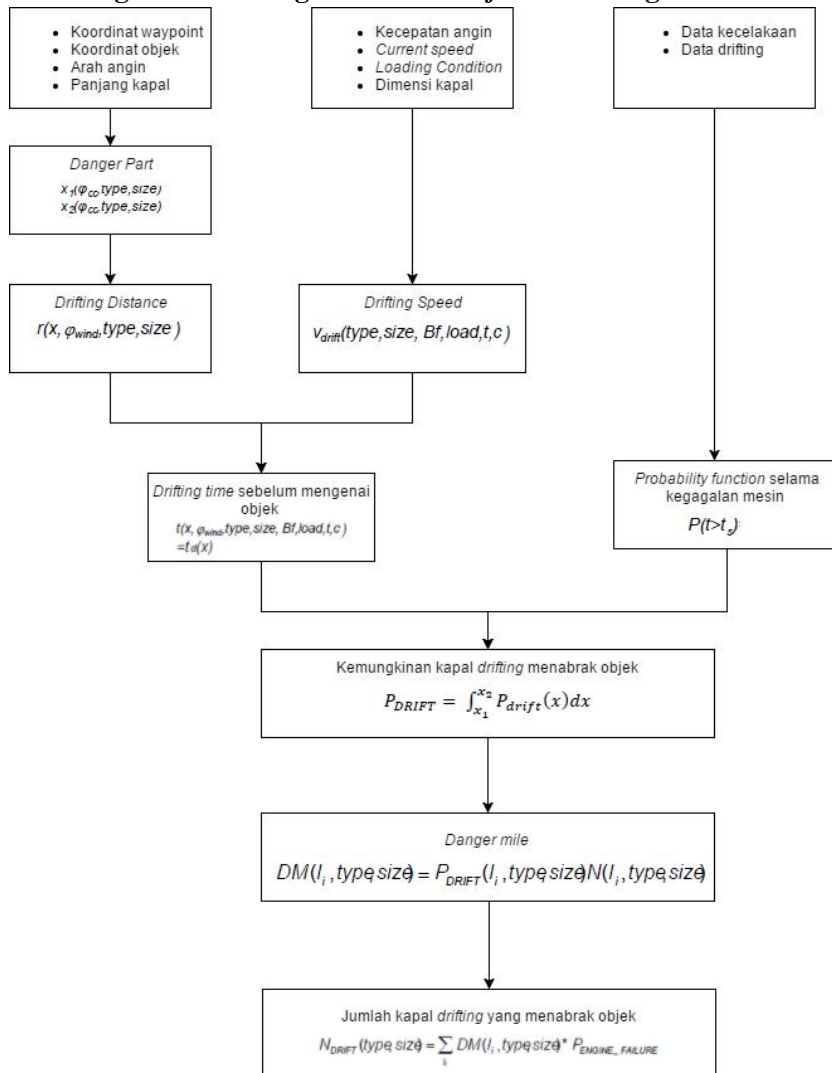
- Pengumpulan Data
Pada tahap ini akan diperlukan beberapa data pendukung untuk melakukan detail perhitungan, diantaranya adalah :
 - Koordinat *waypoint*
 - Koordinat objek
 - *Course change angle*
 - Data utama kapal
- Melakukan Perhitungan *Danger Part*
Danger part menunjukkan bagian mana dari *link* yang berpotensi terjadi tubrukan dengan objek. Pada *contact ram model*, diasumsikan bahwa *navigational error* dapat terjadi pada tujuh *course change angle* yang berbeda-beda.
- *Ramming Distance*
Jarak ke objek tergantung dari posisi x pada *link*, tipe dan ukuran kapal dan juga *course change angle* $\phi_{cc} : r(x, type, size, \phi_{cc})$.
- *Avoidance Function*
Avoidance function pada *ramming collision* sama dengan *repair function* pada *contact drift model*, yaitu apakah kapal dapat menghindari tubrukan atau tidak tergantung dari panjang (ukuran) kapal dan *ramming distance*.

- Kemungkinan Kapal Menabrak Objek
Probabilitas kapal menabrak objek dapat ditentukan dengan mengalikan kemungkinan *course change angle* tertentu dengan *specific course change angle*.
- *Ramming Opportunity*
Ramming Opportunity merupakan perkalian antara fungsi kemungkinan kapal *ramming* dengan jumlah kapal yang akan menabrak objek karena *navigational error*.
- Total Jumlah Kapal *Ramming* ke Objek
Langkah terakhir adalah mengalikan *Ramming Opportunities* (RO) dengan kemungkinan terjadinya *navigational error* untuk tipe dan ukuran kapal tertentu.



Gambar 3. 4. Flowchart Perhitungan Contact Ramming dengan SAMSON Model

3.2.2. Detail Langkah Perhitungan *Contact Drift Model* dengan Metode SAMSON



Gambar 3. 5. Flowchart Perhitungan *Contact Drift* dengan *SAMSON Model*

Drifting collision merupakan kejadian tubrukan kapal yang disebabkan karena kapal mengalami kerusakan mesin dan adanya penyimpangan dari alur yang seharusnya dengan kecepatan tertentu (*drift velocity*). Kapal dapat menabrak objek lain apabila kapal mengarah kepada objek tertentu dan kapal tidak bisa memperbaiki kerusakan sistem penggerak pada waktu tertentu.

Adapun detail tahapan dalam melakukan perhitungan *contact drift model* adalah sebagai berikut.

- Pengumpulan Data

Pada tahap ini akan diperlukan beberapa data pendukung untuk melakukan detail perhitungan, diantaranya adalah :

- Koordinat *waypoint*
- Koordinat objek
- Arah angin
- Panjang kapal

- *Danger Part*
Danger part menunjukkan bagian mana dari *link* yang berpotensi terjadi tubrukan dengan objek. Ketika sistem penggerak dari kapal mengalami kegagalan, kemudian kapal terseret arus sesuai dengan arah angin tertentu (*drift velocity*). Yang dimaksud *danger part* ini tergantung dari koordinat *waypoint* yang menghubungkan *link*, dimensi objek, panjang kapal dan *drift direction*.

- *Drifting Distance*
 Dalam mengetahui apakah kapal akan menabrak objek harus diketahui terlebih dahulu waktu *drifting* kapal hingga ke objek. Waktu ini bergantung dari jarak antara titik dimana kapal mengalami kerusakan sistem penggerak dengan objek.

- *Drifting Speed*
Drifting collision merupakan kejadian tubrukan kapal yang disebabkan karena kapal mengalami kerusakan mesin dan adanya penyimpangan dari alur yang seharusnya dengan kecepatan tertentu (*drift velocity*). Dimana *drift velocity* ini bergantung dari kecepatan angin, arus dan gelombang.

- *Drifting Time Sebelum Mengenai Objek*
 Pada kecepatan *drift* (v_{drift}) tertentu, kapal akan menuju objek yang berjarak $r(x)$ dengan waktu $t(x)$.

- *Probability Function Selama Kegagalan Mesin*
 Pada langkah ini akan melakukan perhitungan peluang kapal yang tidak bisa memperbaiki kerusakan mesin kurang dari waktu *drifting* kapal.

- *Kemungkinan Kapal Drifting Menabrak Objek*
 Kapal hanya akan menabrak objek ketika berada di daerah bahaya dari *link*, jadi hanya diantara x_1 dan x_2 saja. Sehingga dengan mengintegrasikan persamaan diatas pada titik x_1 dan x_2 akan memberikan total kemungkinan terjadinya *drifting*.

- *Danger Mile*
Danger mile merupakan hasil dari fungsi perkalian antara peluang kapal *drifting* dengan jumlah kapal yang melintasi alur selama satu tahun.

- *Jumlah Kapal Drifting Yang Mengenai Objek*
 Langkah terakhir untuk menentukan jumlah kapal yang akan menabrak objek adalah dengan mengalikan *danger mile* dengan kemungkinan kegagalan mesin.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) merupakan alur vital bagi lalu lintas dari dan atau menuju Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya serta pelabuhan lain disekitarnya yang dikenal dengan sebutan greater Surabaya. Pada alur pelayaran barat Surabaya akan direncanakan adanya pembangunan anjungan lepas pantai “Ronggolawe 2-3” disekitar alur. Dan pada penelitian ini akan dibahas mengenai sebuah kajian yang berbasis risiko mengenai tubukan kapal yang terjadi didekat alur akibat insalasi anjungan lepas pantai tersebut. Dan pada awal penelitian ini dibutuhkan data mengenai jumlah kapal yang melewati sekitar APBS dari tahun ke tahun guna mengetahui seberapa besar *traffic* yang ada pada APBS. Dan menurut data dari PT. Pelindo III (Persero jumlah kapal yang melewati APBS sejak kurun waktu Tahun 2008 hingga Tahun 2013 dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 4. 1. Jumlah Kapal Yang Melewati APBS Tahun 2008-2013

Tahun	Tj. Perak (unit)	Gresik (unit)	Jumlah (unit)
2008	15399	5552	20951
2009	15064	5770	20834
2010	14197	5650	19847
2011	14117	5625	19742
2012	14773	5851	20624
2013	16798	7295	24093

Sumber : PT. Pelindo III (Persero)

Tabel 4.1 diatas menjelaskan mengenai jumlah kapal yang melewati APBS. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa jumlah kapal yang melalui APBS cukup tinggi dan selalu mengalami peningkatan dari tahun ketahun, namun terjadi penurunan pada tahun 2009 ke 2010 sebesar 24,2% serta 2010 ke 2011 sebesar 26,5%, dan kembali mengalami peningkatan pada tahun 2011 menuju 2012 dengan kenaikan sebesar 21,8% dan mengalami kenaikan sebesar 86,3% pada tahun 2012 menuju 2013. Dan untuk menghitung frekuensi tubrukan kapal juga diperlukan data utama serta kecepatan kapal yang melewati APBS yang dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 2. *Sample* Data Utama Kapal Yang Melewati APBS

No	Nama	Tipe Kapal	L	B	T
1	MT. GEUDONDONG	<i>Tanker</i>	243	41	12,89
2	MT. GANDINI	<i>Tanker</i>	180	31	8,2
3	SINAR BITUNG	<i>Container</i>	162	26	9,1
4	SC SUNNY	<i>Cargo</i>	155	23	9,6
5	HIJAU JELITA	<i>Cargo</i>	136	23	5,4

Dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel 4.2

6	HIJAU SEJUK	<i>Cargo</i>	129	23	5,7
7	DAMAI SEJAHTERA	<i>Cargo</i>	131	22	7,5
8	DAMAI SEJAHTERA	<i>Container</i>	139	22	7,6
9	ARMADA PAPUA	<i>Cargo</i>	168	22	7,8
10	MT. KARAU/P.59	<i>Tanker</i>	105	18	4,3
11	FATIMA	<i>Cargo</i>	106	17	6
12	WINPOSH RAMPART	<i>Ahts</i>	72	16	4,8
13	WINPOSH RESOLVE	<i>Ahts</i>	70	16	5
14	KM. UMSINI	<i>Passanger Vessel</i>	35	16	6
15	KM. DHARMA KARTIKA	<i>Roro Ship</i>	71	16	3,6
16	GAS NATUNA	<i>Tanker</i>	96	16	3,8
17	SINAR JIMBARAN	<i>Cargo</i>	118	16	6,1
18	SJW TRANS	<i>Cargo</i>	89	15	5,4
19	AHTS PETEKA 5041	<i>Others</i>	60	15	4,8
20	AHTS. PETEKA 54	<i>Tug</i>	60	15	4,3
21	TIRTASARI	<i>Tanker</i>	99	15	7,2
22	GILI IYANG	<i>Passanger Vessel</i>	56	14	2,4
23	SINAR MATARAM	<i>Passanger Vessel</i>	88	14	6,6
24	GERBANG SAMUDRA	<i>Towing</i>	84	14	3,5
25	KENCANA 7	<i>Tanker</i>	88.82	13	4,3
26	SV. ELANG SAMUDERA	<i>Offshore Vessel</i>	50	13	4,8
27	BOSSOIL 2	<i>Tanker</i>	83	13	3,8
28	SB 101	<i>Tug</i>	30	10	3,6
29	JOOP	<i>Tug</i>	26	10	0
30	KATELIA V	<i>Tug</i>	31.8	9.6	-

Sumber : Data *Ship Reporting System* Distrik Navigasi Kelas 1 Surabaya, 2014

Tabel 4.2 diatas menjelaskan tentang data utama kapal yang berisi tentang panjang kapal, lebar kapal, sarat kapal serta tipe kapal yang mewati APBS pada Bulan Agustus 2014.

4.1. Perhitungan Frekuensi Tubrukan Kapal dengan *Quantitative Risk Assessment* Metode CRASH (*Computerised Risk Assessment of Shipping Hazards*)

4.1.1. Perhitungan Frekuensi *Powered Vessel Collision Model*

Salah satu model yang akan dihitung untuk frekuensi tubrukan adalah *powered vessel collision* atau yang biasa disebut dengan *head on collision*. *Head-on collisions* adalah keadaan dimana tubrukan terjadi ketika dua kapal mendekat, posisi saling berhadapan dalam arah yang berlawanan.

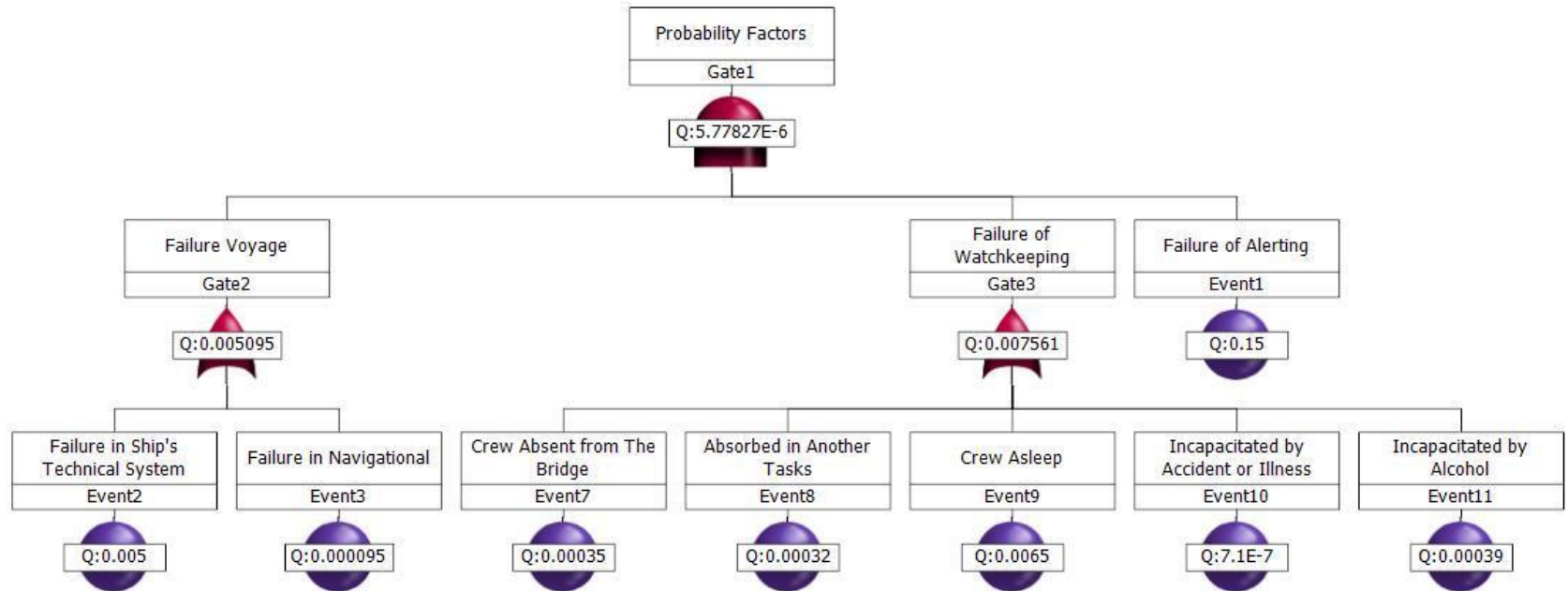
Kejadian tubrukan jenis tersebut biasanya disebabkan oleh beberapa faktor yaitu, kesalahan peralatan navigasi yang tidak bekerja dengan baik maupun kesalahan manusianya itu sendiri (*human error*). Dari kebanyakan kasus yang telah terjadi kebanyakan penyebab terjadinya tubrukan jenis ini disebabkan oleh *human error*. *Human error* tersebut bisa disebabkan oleh banyak hal yaitu kesalahan penglihatan, pengaruh alkohol, ketahanan fisik dari kru kapal, dan lain-lain (Emmy Pratiwi, 2015).

Dan berdasarkan *A Guide of Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations*, penyebab munculnya tubrukan ini adalah sebagai berikut :

- Kapal menyimpang dari alur pelayaran yang direncanakan.
- Kegagalan penglihatan awak kapal dalam menjaga pergerakan kapal karena beberapa faktor, serta:
- Kegagalan dalam memberikan peringatan bahaya kepada kapal-kapal untuk menghindari tubrukan.

Oleh karenanya, sebelum kita melakukan perhitungan terhadap frekuensi tubrukan kapal, perlu dilakukan sebuah kajian mengenai penyebab kemungkinan munculnya penyebab diatas dengan sebuah skenario yang akan digunakan yaitu *Fault Tree Analysis (FTA)*. Skenario dari kemungkinan munculnya penyebab tubrukan kapal dapat dilihat pada Gambar 4.1 pada halaman berikutnya.

Penggunaan *fault tree analysis* akan membantu kita untuk mendapatkan nilai peluang terjadinya beberapa faktor yang menjadi penyebab tubrukan kapal seperti yang dijelaskan diatas berdasarkan formula dari *quantitative risk assessment* dengan metode CRASH tersebut agar dapat membantu proses perhitungan frekuensi tubrukan kapal dengan model *powered vessel collision*.



Gambar 4. 1. *Fault Tree Analysis Scenario of Probability*

Peluang terjadinya penyimpangan alur yang direncanakan dari kapal dimodelkan dengan (P_1) atau yang bisa disebut dengan *failure voyage*. Merupakan keadaan dimana kapal berlayar menyimpang dari alur yang telah ditetapkan. Ada beberapa penyebab munculnya *failure voyage* ini, seperti kerusakan pada kegagalan teknis, dan kegagalan navigasi. Nilai dari P_1 adalah 0,005095.

Kegagalan penglihatan awak kapal dalam menjaga pergerakan kapal atau yang biasa disebut dengan *Failure of Watchkeeping* (P_2) akan muncul apabila terjadi beberapa skenario diantaranya adalah ketidakhadiran awak, awak sedang melakukan tugas yang lain, mengantuk, sakit, atau dalam pengaruh alkohol. Dimana besaran nilai nya masing-masing bersumber dari *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* dari DNV. Dan didapatkan nilai P_2 adalah 0,007561.

Penyebab yang terakhir adalah kegagalan dalam memberikan peringatan bahaya kepada kapal-kapal untuk menghindari tubrukan atau *failure of alerting* (P_3). Nilai ini didapatkan dari asumsi sebesar 0,15. Nilai akhir dari ketiga penyebab terjadinya tubrukan ini adalah sebesar 0,162656.

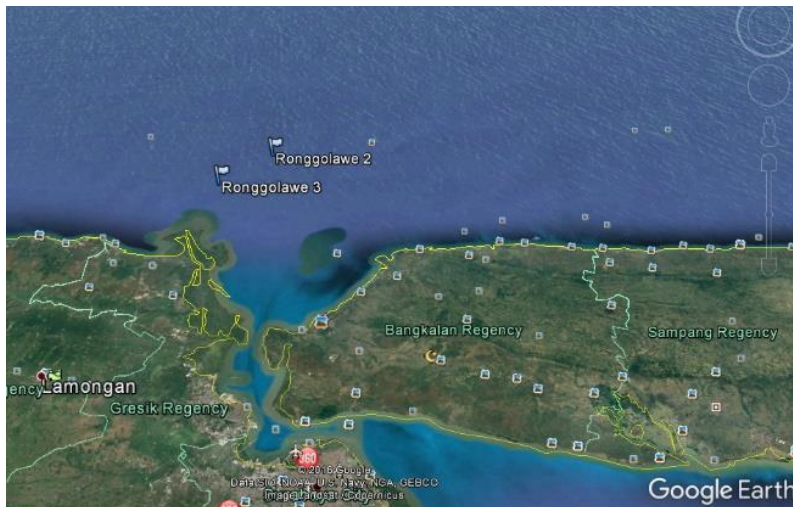
Kemudian setelah didapatkan hasil peluang penyebab terjadinya tubrukan kapal, dapat dilanjutkan dengan melakukan perhitungan frekuensi tubrukan dengan model *powered vessel collision* tersebut. Dimana dalam perhitungannya nanti akan dibagi berdasarkan dua jenis anjungan yang berbeda sesuai dengan rencana adanya instalasi anjungan lepas pantai didekat APBS dengan nama Ronggolawe 2 dan Ronggolawe 3. Adapun letak posisi Ronggolawe 2 dan 3 dijabarkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4. 3. Titik Lokasi Rencana Instalasi Anjungan		
Nama Anjungan	Latitude	Longitude
Ronggolawe 2	-6.6741667	112.670833
Ronggolawe 3	-6.7447222	112.592777

Data titik lokasi rencana instalasi didapatkan dari pihak yang terkait, dan titik lokasi awalnya adalah 6° 40' 27,25" S, 112° 40' 15,82" E untuk Ronggolawe 2 dan 6° 44' 41,22" S, 112° 35' 34,32" E untuk Ronggolawe 3. Pada Tabel 4.3 titik lokasi diubah menjadi desimal agar memudahkan proses plot terhadap rencana anjungan lepas pantai pada kondisi yang sesungguhnya. Dan didapatkan titik lokasi seperti pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4. 2. Titik Lokasi Rencana Instalasi Anjungan Lepas Pantai (Zoom In)



Gambar 4. 3. Titik Lokasi Rencana Instalasi Anjungan Lepas Pantai (Zoom Out)

Dikarenakan anjungan Ronggolawe 2 dan Ronggolawe 3 belum adanya instalasi atau belum beroperasi, maka dalam salah satu *input parameter* dari *powered vessel collision* adalah lebar daripada anjungannya tersendiri guna mencari nilai dari *collision diameter* seperti yang akan digambarkan dalam gambar 4.5 dibawah ini, maka perlu adanya data pembanding anjungan guna membantu proses perhitungan, data pembanding diambil secara acak sebagai berikut :

Tabel 4. 4. Data Pemanding Anjungan Lepas Pantai

Nama Anjungan	:	KS JAVA STAR 1
Pemilik	:	KS DRILLING
Bendera	:	Marshall Island
Tipe	:	Jackup, Independent Legs, Cantilever
Klasifikasi	:	ABS, +A1 Self Elevating Drilling Unit, IMO MODU Code 79
<i>Hull Length</i>	:	180 ft
<i>Hull Breadth</i>	:	175 ft
<i>Hull Depth</i>	:	25 ft
<i>Transit Draft</i>	:	15 ft

Sumber : www.ksdrilling.com



Gambar 4. 4. Anjungan Pembanding KS Java Star 1

Sumber : www.ksdrilling.com

4.1.1.1. Perhitungan *Powered Vessel Collision Frequency* Pada Anjungan Ronggolawe-2

Powered vessel collision atau yang sering disebut *head-on collision* adalah keadaan dimana tubrukan terjadi ketika dua kapal mendekat, posisi saling berhadapan dalam arah yang berlawanan. Adapun berdasarkan *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* perhitungan model ini dapat dikerjakan dalam beberapa tahap, tahap pertama yaitu menghitung *collision geometry*, *proportion of vessel that are in the part of lane directed towards the platform*, serta terakhir menghitung *frequency of powered vessel collision*.

- *Collision Geometry*

Frekuensi tubrukan sebanding dengan ukuran kapal dan *platform*. Gabungan dari kedua ukuran ini disebut dengan *collision diameter*. *Collision diameter* merupakan lebar dari alur dimana kapal menubruk *platform* (Spouge, 1999). Formula untuk mencari *collision diameter* ini adalah sebagai berikut :

$$D = W_A + B$$

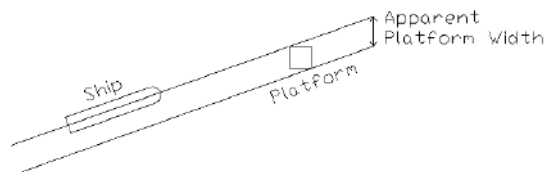
Keterangan :

W_A = *Apparent platform width*

B = *Ship beam*

Adapun nilai dari *apparent platform width* dari anjungan Ronggolawe-2 bernilai 104 meter, dan nilai dari *ship beam* adalah 41 meter diambil dari data lalu lintas kapal yang pernah melalui APBS dengan nilai lebar kapal terbesar. Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\begin{array}{rcl} D = & W_A + B & \\ & 145 & \text{m} \\ & 0,07829 & \text{nm} \end{array}$$



Gambar 4. 5. Skenario *Collision Geometry* Ronngolawe-2

- *Proportion of vessel that are in the part of lane directed towards the platform*

Lalu setelah mendapatkan nilai dari *collision diameter* maka dilanjutkan dengan menghitung nilai dari proporsi kapal yang melewati alur pelayaran dan menuju ke area yang terdapat objek dengan formula sebagai berikut :

$$F_D = D \times f(A)$$

Keterangan :

D = Collision diameter

$f(A)$ = Kemungkinan kepadatan pada *center* dari objek

A = Jarak dari objek ke garis tengah alur pada titik terdekat yang dijangkau

Pada distribusi normal, peluang kepadatannya adalah : σ

$$f(A) = \frac{1}{2\sigma} \exp \frac{-k^2}{2}$$

Keterangan :

σ = Standard deviasi dari distribusi lalu lintas yang melewati alur

k = A/σ atau jumlah dari standard deviasi objek dari pusat alur

Untuk mencari nilai dari σ berdasarkan jika *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* dalam model CRASH, terbagi menjadi dua yaitu jika tingkat lalu lintas yang lebarnya mendekati 69% dan 95%, dikarenakan akan menghitung peluang kepadatannya, diasumsikan kepadatan sepanjang lebar alur mencapai 95% dari lalu lintas, maka :

$$WL = 4\sigma$$

$$WL = 4\sigma$$

$$\sigma = WL/4$$

Dimana lebar APBS bernilai 150 meter, maka :

$$WL = 150 \text{ m}$$

$$\sigma = 37,5$$

Lalu jumlah dari standard deviasi objek dari pusat alur, didapatkan dengan formula :

$$k = A/\sigma$$

Dimana jarak dari objek ke garis tengah alur pada titik terdekat yang dijangkau dari Ronggolawe-2 adalah :

$$A = 4333 \text{ m}$$

$$A = 2,33960335 \text{ nm}$$

Maka,

$$k = 0,062389$$

Sehingga nilai dari kemungkinan kepadatan pada *center* dari objek adalah sebagai berikut :

$$f(A) = \frac{1}{2\sigma} \exp \frac{-k^2}{2}$$

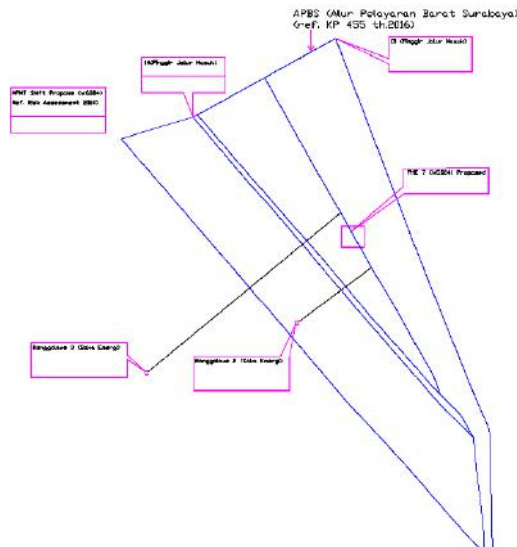
$$f(A) = 0,013359308$$

Dan nilai dari proporsi kapal yang melewati alur pelayaran dan menuju ke area yang terdapat objek (*platform*) adalah sebagai berikut :

$$Fd = D \times f(A)$$

$$Fd = 0,0010459$$

Besarnya nilai jarak dari objek ke garis tengah alur pada titik terdekat yang dijangkau dari Ronggolawe-2 didapatkan dari *plotting* pada peta lokasi rencana instalasi anjungan terhadap APBS.



Gambar 4. 6. Skenario Lokasi Ronggolawe-2 Terhadap Alur Pelayaran

- *Frequency of powered vessel collision.*
Berdasarkan *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* diasumsikan bahwa frekuensi tubrukan adalah sesuai dengan jumlah kapal yang melewati *platform* pada area pelayaran tersebut didapatkan dengan formula sebagai berikut :

$$FCP = N \times F_d \times P_1 \times P_2 \times P_3$$

Dimana besarnya nilai dari P_1 , P_2 dan P_3 didapatkan dari skenario *fault tree analysis* diatas yang dijelaskan pada Gambar 4.1. Sehingga besarnya frekuensi dari *powered vessel collision* adalah :

$$\begin{aligned} N &= \text{Jumlah kapal yang melewati alur pelayaran} \\ &\quad (\text{vessel movement/year}) \\ &= 24093 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_d &= \text{Proporsi kapal yang melewati alur pelayaran} \\
 &\quad \text{dan menuju ke area yang terdapat objek} \\
 &= 0,0010459 \\
 P_1 &= \text{Peluang kapal mengalami kegagalan dalam} \\
 &\quad \text{berlayar di alurnya} \\
 &= 0,005095 \\
 P_2 &= \text{Peluang kapal mengalami kegagalan dalam} \\
 &\quad \text{watchkeeping} \\
 &= 0,007561 \\
 P_3 &= \text{Peluang objek gagal dalam memberikan} \\
 &\quad \text{alert pada kapal yang berlayar untuk} \\
 &\quad \text{mencegah tubrukan} \\
 &= 0,15
 \end{aligned}$$

Maka besarnya tingkat frekuensi dari *powered vessel collision* anjungan Ronggolawe-2 adalah :

$$F_{CP} = N \times F_d \times P_1 \times P_2 \times P_3$$

$$F_{CP} = \mathbf{0,0001456167}$$

Adapun prediksi pertumbuhan kapal selama 15 tahun kedepan untuk anjungan Ronggolawe-2 dan perhitungan frekuensi *powered vessel collision* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 5. Prediksi Pertumbuhan Kapal dan Perhitungan *Powered Vessel Collision Frequency* Ronggolawe-2

Tahun	Prediksi Jumlah Kapal (N)	Fd	P1	P2	P3	Frekuensi Tubrukan
2014	24837	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000150116
2015	25605	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000154755
2016	26396	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000159537
2017	27212	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000164466
2018	28053	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000169548
2019	28919	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000174787
2020	29813	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000180188
2021	30734	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000185756
2022	31684	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000191496
2023	32663	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000197413
2024	33672	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000203513

Dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel 4.5

2025	34713	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000209802
2026	35785	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000216285
2027	36891	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000222968
2028	38031	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000229858
2029	39206	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,00023696
2030	40418	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000244282
2031	41667	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000251831
2032	42954	0,00104594	0,005095	0,007561	0,15	0,000259612

4.1.1.2. Perhitungan *Powered Vessel Collision Frequency* Pada Anjungan Ronggolawe-3

Powered vessel collision atau yang sering disebut *head-on collision* adalah keadaan dimana tubrukan terjadi ketika dua kapal mendekat, posisi saling berhadapan dalam arah yang berlawanan. Adapun berdasarkan *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* perhitungan model ini dapat dikerjakan dalam beberapa tahap, tahap pertama yaitu menghitung *collision geometry*, *proportion of vessel that are in the part of lane directed towards the platform*, serta terakhir menghitung *frequency of powered vessel collision*. Dikarenakan data *platform* pembanding dari Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3 sama maka hasil yang didapatkan untuk *collision geometry* memiliki nilai yang sama, akan tetapi mengalami perbedaan pada *proportion of vessel that are in the part of lane directed towards the platform*, serta *frequency of powered vessel collision*.

- *Collision Geometry*

Frekuensi tubrukan sebanding dengan ukuran kapal dan *platform*. Gabungan dari kedua ukuran ini disebut dengan *collision diameter*. *Collision diameter* merupakan lebar dari alur dimana kapal menubruk *platform* (Spouge, 1999). Formula untuk mencari *collision diameter* ini adalah sebagai berikut :

$$D = W_A + B$$

Keterangan :

W_A = *Apparent platform width*

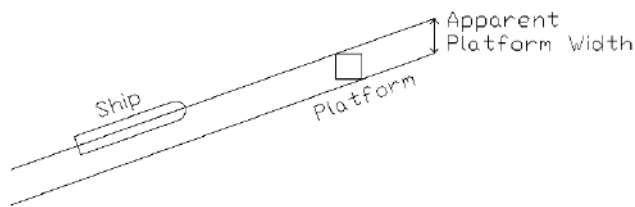
B = *Ship beam*

Adapun nilai dari *apparent platform width* dari anjungan Ronggolawe-3 bernilai 104 meter, dan nilai dari *ship beam* adalah 41 meter diambil dari data lalu lintas kapal yang pernah melalui APBS dengan nilai lebar kapal terbesar. Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$D = W_A + B$$

$$145 \quad \text{m}$$

$$0,07829 \quad \text{nm}$$



Gambar 4. 7. Skenario *Collision Geometry Ronggolawe-3*

- *Proportion of vessel that are in the part of lane directed towards the platform*
Lalu setelah mendapatkan nilai dari *collision diameter* maka dilanjutkan dengan menghitung nilai dari proporsi kapal yang melewati alur pelayaran dan menuju ke area yang terdapat objek dengan formula sebagai berikut :

$$F_D = D \times f(A)$$

Keterangan :

D = *Collision diameter*

$f(A)$ = Kemungkinan kepadatan pada *center* dari objek

A = Jarak dari objek ke garis tengah alur pada titik terdekat yang dijangkau

Pada distribusi normal, peluang kepadatannya adalah : σ

$$f(A) = \frac{1}{2\sigma} \exp \frac{-k^2}{2}$$

Keterangan :

σ = Standard deviasi dari distribusi lalu lintas yang melewati alur

k = A/σ atau jumlah dari standard deviasi objek dari pusat alur

Untuk mencari nilai dari σ berdasarkan jika *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* dalam model CRASH, terbagi menjadi dua yaitu jika tingkat lalu lintas yang lebarnya mendekati 69% dan 95%, dikarenakan akan menghitung peluang kepadatannya, diasumsikan kepadatan sepanjang lebar alur mencapai 95% dari lalu lintas, maka :

$$WL = 4\sigma$$

$$WL = 4\sigma$$

$$\sigma = WL/4$$

Dimana lebar APBS bernilai 150 meter, maka :

$$WL = 150 \text{ m}$$

$$\sigma = 37,5$$

Lalu jumlah dari standard deviasi objek dari pusat alur, didapatkan dengan formula :

$$k = A/\sigma$$

Dimana jarak dari objek ke garis tengah alur pada titik terdekat yang dijangkau dari Ronggolawe-3 adalah :

$$\begin{aligned} A &= 11927 \text{ m} \\ A &= 6,439984 \text{ nm} \end{aligned}$$

Maka,

$$k = 0,171733$$

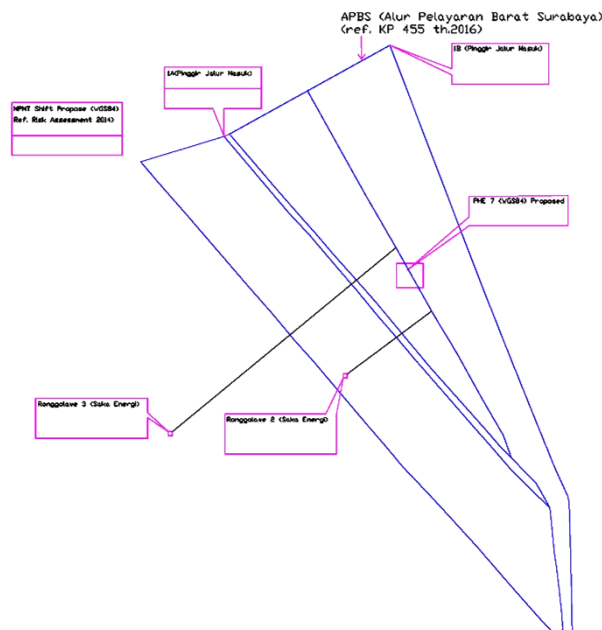
Sehingga nilai dari kemungkinan kepadatan pada *center* dari objek adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f(A) &= \frac{1}{2\sigma} \exp \frac{-k^2}{2} \\ f(A) &= \mathbf{0,0135314} \end{aligned}$$

Dan nilai dari proporsi kapal yang melewati alur pelayaran dan menuju ke area yang terdapat objek (*platform*) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Fd &= D \times f(A) \\ Fd &= \mathbf{0,0010594} \end{aligned}$$

Besarnya nilai jarak dari objek ke garis tengah alur pada titik terdekat yang dijangkau dari Ronggolawe-3 didapatkan dari *plotting* pada peta lokasi rencana instalasi anjungan terhadap APBS.



Gambar 4. 8. Skenario Lokasi Ronggolawe-3 Terhadap Alur Pelayaran

- *Frequency of powered vessel collision*

Berdasarkan *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* diasumsikan bahwa frekuensi tubrukan adalah sesuai dengan jumlah kapal yang melewati *platform* pada area pelayaran tersebut didapatkan dengan formula sebagai berikut :

$$F_{CP} = N \times F_d \times P_1 \times P_2 \times P_3$$

Dimana besarnya nilai dari P_1 , P_2 dan P_3 didapatkan dari skenario *fault tree analysis* diatas yang dijelaskan pada Gambar 4.1. Sehingga besarnya frekuensi dari *powered vessel collision* adalah :

N = Jumlah kapal yang melewati alur pelayaran
(*vessel movement/year*)

$$= 24093$$

F_d = Proporsi kapal yang melewati alur pelayaran dan menuju ke area yang terdapat objek

$$= 0,0010594$$

P_1 = Peluang kapal mengalami kegagalan dalam berlayar di alurnya

$$= 0,005095$$

P_2 = Peluang kapal mengalami kegagalan dalam *watchkeeping*

$$= 0,007561$$

P_3 = Peluang objek gagal dalam memberikan *alert* pada kapal yang berlayar untuk mencegah tubrukan

$$= 0,15$$

Maka besarnya tingkat frekuensi dari *powered vessel collision* anjungan Ronggolawe-3 adalah :

$$F_{CP} = N \times F_d \times P_1 \times P_2 \times P_3$$

$$F_{CP} = 0.0001474925$$

Adapun prediksi pertumbuhan kapal selama 15 tahun kedepan untuk anjungan Ronggolawe-3 dan perhitungan frekuensi *powered vessel collision* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 6. Prediksi Pertumbuhan Kapal dan Perhitungan *Powered Vessel Collision Frequency* Ronggolawe-3

Tahun	Prediksi Jumlah Kapal (N)	Fd	P1	P2	P3	Frekuensi Tubrukan
2014	24837	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000152050
2015	25605	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000156748
2016	26396	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000161592
2017	27212	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000166585
2018	28053	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000171733
2019	28919	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000177039
2020	29813	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000182510
2021	30734	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000188149
2022	31684	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000193963
2023	32663	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000199956
2024	33672	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000206135
2025	34713	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000212505
2026	35785	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000219071
2027	36891	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000225840
2028	38031	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000232819
2029	39206	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000240013
2030	40418	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000247429
2031	41667	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000255075
2032	42954	0,001059	0,005095	0,007561	0,15	0,000262957

Jika kedua hasil perhitungan dari *powered vessel collision* dari anjungan Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3 dibandingkan maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 7. Perbandingan Tingkat Frekuensi *Powered Vessel Collision Model*

Anjungan	Tingkat Frekuensi
Ronggolawe-2	0,0001456167
Ronggolawe-3	0,0001474925

4.1.2. Perhitungan Frekuensi *Drifting Collision Model*

Salah satu model lain yang akan dihitung untuk frekuensi tubrukan adalah *drifting collision*. *Drifting collision* adalah tubrukan yang diakibatkan karena kapal menyimpang dari alur dan menabrak dengan *platform* terdekat.

Adapun kondisi yang mempengaruhinya adalah sebagai berikut :

- Kapal mengalami kerusakan sistem penggerak
- Kapal mengalami kegagalan didalam kapal itu sendiri sebelum kapal menjangkau objek
- Ada kapal lain yang mencoba untuk menarik kapal tersebut tapi tidak berhasil
- Arah angin menyebabkan kapal menyimpang dari alur dan menuju objek

(Sumber : Tugas akhir Emmy Pratiwi, 2015)

Perhitungan dari frekuensi tubrukan dengan *drifting model* seperti yang dijelaskan pada Bab II, didapatkan dari formula sebagai berikut :

$$F_{CD} = N_b \times P_b \times P_w \times D / BL$$

Keterangan :

F_{CD} = Frekuensi tubrukan kapal dikarenakan *drifting* (per tahun)

N_b = jumlah kapal pada kotak (kapal/tahun)

P_b = Peluang kegagalan mesin penggerak (*breakdown probability*) didalam box

P_w = peluang angin bertiup dari kotak ke objek

D = *Collision diameter*

BL = Panjang garis tegak lurus kotak ke arah angin

Pada kasus kali ini, dikarenakan Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3 memiliki data pemandang yang sama, namun memiliki nilai fungsi dari jarak area kapal terhadap alur yang berbeda.

Pada model CRASH, frekuensi dari *drifting collision* dapat dihitung dengan membagi bagian pada alur pelayaran yang berdekatan dengan objek jika objek dinamis, dan tidak perlu melakukan pembagian zona ketika objek bersifat statis. Dan frekuensi dapat dihitung pada setiap kapal yang berada dalam pembagian zona tersebut dan menyimpang dari alur sehingga bergerak menuju objek. Dikarenakan objek yang dimaksud adalah *platform* atau objek yang statis, maka tidak perlu adanya pembagian zona.

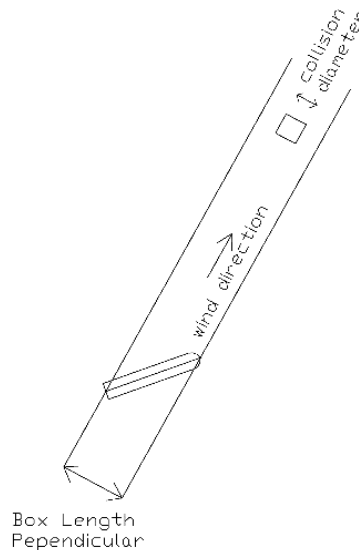
Beberapa hal yang perlu dicari dalam perhitungan *drifting collision* ini adalah :

- Peluang Kegagalan Mesin Penggerak
Besarnya nilai dari peluang kegagalan mesin penggerak didapatkan dari *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 4. 8. *Breakdown Probability*

<i>Breakdown Duration</i>	<i>Probability</i>
<i>20 minutes</i>	1.5×10^{-4} for 80% of year
<i>2 hours</i>	4×10^{-5} per hour
<i>2 days</i>	1.5×10^{-5} per hour
<i>Mostly</i>	2×10^{-5} per hour

- **Peluang Angin Bertiup ke Objek**
Besarnya nilai dari peluang angin bertiup ke objek adalah didapatkan dari data angin yang dikeluarkan oleh BMKG Stasiun Maritim dalam rentang waktu satu tahun dan didapatkan nilai peluang angin mengarah kepada anjungan yang terletak pada sisi barat daya alur adalah 0,01828704.
- ***Collision Diameter dan Box Length Perpendicular***
Ketika kapal mengalami kerusakan sistem penggerak, kapal akan mengalami *drifting* baik apakah akan mengarah kepada objek atau hanya menyimpang dari alur. Seharusnya fungsi sudut *drifting* dan arah angin mempengaruhi besarnya nilai dari *drifting collision*, sehingga pada perhitungan ini *collision diameter* tidak dipengaruhi oleh fungsi lain dan hanya berpengaruh dari besarnya nilai *apparent platform width*. Fungsi dari panjang zona yang terdapat pada *A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations* diumpakan dengan nilai panjang kapal yang terbesar yang melalui APBS.
Gambar 4.9 dibawah menjelaskan skenario yang terjadi dan besarnya nilai dari *collision diameter* didapatkan sebesar 0,056566 *nautical mile* dan besar dari *box length perpendicular* sebesar 0,13120785 *nautical mile*.



Gambar 4. 9. Skenario *Drifting (CRASH)*

Setelah didapatkan semua fungsi diatas maka besarnya frekuensi dari *drifting collision* berdasarkan formula yang ada pada Bab II adalah :

Tabel 4. 9. Perhitungan *Drifting Collision* Ronggolawe-2

<i>Drifting Collision</i>		<i>Value</i>
<i>N</i>	Total traffic in the box	24093
<i>L</i>	Distance in the lane <i>L</i> (nm)	8,134206363
<i>S</i>	Speed of ship(knot)	10
<i>Pb 1</i>	Probability of breakdown per hour	0,00002
<i>Pb</i>	Breakdown Probability	4,519E-09
<i>Pw</i>	Probability of wind blowing from box to platform	0,01828704
<i>D</i>	Collision diameter	0,056566
<i>BL</i>	Box length perpendicular to wind direction	0,13120785
<i>Frequency of Collisions Due to Drifting</i>		8,58366E-07

Adapun prediksi pertumbuhan kapal selama 15 tahun kedepan untuk anjungan Ronggolawe-2 dan perhitungan frekuensi *drifting collision* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 10. Prediksi Pertumbuhan Kapal dan *Drifting Collision* Frequency Ronggolawe-2

Tahun	Prediksi Jumlah Kapal (N)	Pb	Pw	D	BL	Frekuensi Tubrukan
2014	24837	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	8,8489E-07
2015	25605	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	9,12233E-07
2016	26396	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	9,40421E-07
2017	27212	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	9,6948E-07
2018	28053	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	9,99437E-07
2019	28919	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,03032E-06
2020	29813	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,06216E-06
2021	30734	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,09498E-06
2022	31684	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,12881E-06
2023	32663	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,16369E-06
2024	33672	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,19965E-06
2025	34713	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,23672E-06
2026	35785	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,27493E-06
2027	36891	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,31433E-06
2028	38031	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,35494E-06
2029	39206	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,39681E-06
2030	40418	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,43997E-06
2031	41667	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,48447E-06
2032	42954	4,519E-09	0,01828704	0,056566	0,13120785	1,53034E-06

Tabel 4. 11. Perhitungan *Dreifting Collision* Ronggolawe-3

<i>Drifting Collision</i>		<i>Value</i>
<i>N</i>	<i>Total traffic in the box</i>	24093
<i>L</i>	<i>Distance in the lane L (nm)</i>	22,33837944
<i>S</i>	<i>Speed of ship (knot)</i>	10
<i>Pb l</i>	<i>Probability of breakdown per hour</i>	0,00002
<i>Pb</i>	<i>Breakdown Probability</i>	1,24102E-08
<i>Pw</i>	<i>Probability of wind blowing from box to platform</i>	0,01828704
<i>D</i>	<i>Collision diameter</i>	0,056566
<i>BL</i>	<i>Box length perpendicular to wind direction</i>	0,13120785
<i>Frequency of Collisions Due to Drifting</i>		2,35727E-06

Adapun prediksi pertumbuhan kapal selama 15 tahun kedepan untuk anjungan Ronggolawe-3 dan perhitungan frekuensi *drifting collision* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 12. Prediksi Pertumbuhan Kapal dan *Drifting Collision* Frequency Ronggolawe-3

Tahun	Prediksi Jumlah Kapal (N)	Pb	Pw	D	BL	Frekuensi Tubrukan
2014	24837	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	2,43011E-06
2015	25605	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	2,5052E-06
2016	26396	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	2,58261E-06
2017	27212	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	2,66241E-06
2018	28053	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	2,74468E-06
2019	28919	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	2,82949E-06
2020	29813	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	2,91692E-06
2021	30734	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	3,00705E-06
2022	31684	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	3,09997E-06
2023	32663	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	3,19576E-06
2024	33672	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	3,29451E-06
2025	34713	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	3,39631E-06
2026	35785	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	3,50126E-06
2027	36891	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	3,60945E-06
2028	38031	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	3,72098E-06
2029	39206	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	3,83596E-06
2030	40418	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	3,95449E-06
2031	41667	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	4,07668E-06
2032	42954	1,241E-08	0,01828704	0,056566	0,13120785	4,20265E-06

Perhitungan yang digunakan oleh MARIN dan DNV untuk mengestimasi jumlah tubrukan adalah sama (Ellis Joanne, dkk 2008) . Jika pada QRA dengan model CRASH dari DNV, frekuensi tubrukan kapal dengan *platform* didapatkan dari estimasi jumlah kandidat tubrukan dikalikan dengan faktor penyebab tubrukan. Sedangkan pada metode SAMSON yang dikembangkan oleh MARIN, estimasi jumlah tubrukan dikalikan dengan *navigational error rate (NER)*. QRA dengan CRASH Model dan SAMSON Model memiliki perbedaan satu sama lain dalam mengasumsikan kandidat tubrukan dan peluang tubrukan.

Formula yang digunakan untuk menghitung frekuensi tubrukan kapal pada *powered vessel collision* atau yang disebut *contact ramming* pada SAMSON adalah sebagai berikut :

- *Avoidance Function*

$$PHIT = e^{-a \frac{r(x)}{L}}$$

Dimana :

- a = *Danger measure* (Nilai nya adalah 0.1 berdasarkan *MARIN Contact Ramming Report*)
- $r\Psi$ = Jarak antara kapal di alur dengan objek pada sudut Ψ
- L = Panjang kapal
- x = Posisi kapal di alur
- P_{HIT} = Probabilitas kapal menabrak objek dari titik tertentu sepanjang *danger part* akibat adanya *navigational error rate* pada arah Ψ

- *Ramming Opportunity*

$$RO = P\phi cc N e^{-a \frac{r(x)}{L}}$$

Dimana :

- RO = *Ramming opportunity*
- N = Jumlah kapal yang melintasi alur

- Total Jumlah Kapal *Ramming* ke Objek

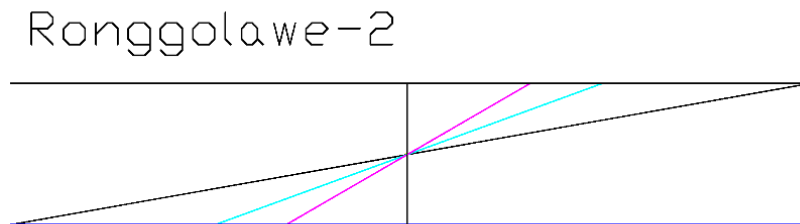
$$N \text{ ramming} = NER \times RO$$

Dimana :

- $N \text{ ram}$ = Jumlah tubrukan kapal
- NER = *Navigational Error Rate*
= $0,65 \times 10^{-4}$ untuk setiap kapal (berdasarkan *MARIN Contact Ramming Report*)

4.2.1.1. Perhitungan Frekuensi *Contact Ramming Model Ronggolawe-2*

Pada *contact ram model*, diasumsikan bahwa *navigational error* dapat terjadi pada *seven course change angle* yang berbeda-beda. Dimana besarnya *seven course change angle* tertera pada tabel 2.7 yaitu mulai dari -30° hingga 30° . Dimana masing-masing sudut memiliki nilai probabilitas yang berbeda yaitu 0,05;0,1;0,2;0,3;0,2;0,1;0,05. Skenario pada masing-masing perubahan sudut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 12. Skenario Ronggolawe-2 dengan Perubahan Sudut Terhadap Alur

Berikut merupakan hasil detail perhitungan dari *contact ramming model* pada Ronggolawe-2 pada setiap perubahan sudutnya.

Tabel 4. 13. Rekapitulasi Perhitungan Frekuensi Tubrukan Kapal *Ramming Model* Pada Ronggolawe-2 Setiap Perubahan Sudut

<i>Course Change Angle</i>	<i>N ramming</i>
$\Psi = 10^\circ$	1,09904E-05
$\Psi = 20^\circ$	0,000852269
$\Psi = 30^\circ$	0,002212944
$\Psi = 0^\circ$	0,078981167

Pada Tabel 4.13 diatas terlihat bahwa hasil perhitungan tingkat frekuensi tubrukan kapal akibat *ramming* memiliki nilai yang berbeda-beda pada setiap perubahan sudutnya dari anjungan ronggolawe-2. Didapatkan hasil frekuensi terbesar pada perubahan sudut sebesar 0° dan diikuti dengan 30° ; 20° ; dan hasil terkecil pada sudut 10° . dengan nilai berturut-turut 0,078981167; 0,002212944; 0,000852269; dan 1,09904E-05. Adapun detail perhitungan dari masing-masing perubahan sudut sesuai dengan formula yang ada dijelaskan pada halaman selanjutnya.

Adapun prediksi pertumbuhan kapal selama 15 tahun kedepan untuk anjungan Ronggolawe-2 dan perhitungan frekuensi *contact ramming* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 14. Prediksi Pertumbuhan Jumlah Kapal dan Perhitungan *Contact Ramming Frequency* Ronggolawe-2

Tahun	Prediksi Jumlah Kapal (N)	Frekuensi <i>Ramming</i>				
		$\Psi = 10^0$	$\Psi = 20^0$	$\Psi = 30^0$	$\Psi = 0^0$	Kumulatif
2014	24837	1,133E-05	0,0008786	0,00228132	0,08142169	0,08459294
2015	25605	1,168E-05	0,00090575	0,00235182	0,08393762	0,08720686
2016	26396	1,2041E-05	0,00093374	0,00242449	0,08653129	0,08990156
2017	27212	1,2413E-05	0,00096259	0,0024994	0,0892051	0,09267952
2018	28053	1,2797E-05	0,00099234	0,00257664	0,09196154	0,09554331
2019	28919	1,3192E-05	0,001023	0,00265625	0,09480315	0,0984956
2020	29813	1,36E-05	0,00105461	0,00273833	0,09773257	0,10153911
2021	30734	1,402E-05	0,0010872	0,00282295	0,10075251	0,10467667
2022	31684	1,4453E-05	0,00112079	0,00291018	0,10386576	0,10791118
2023	32663	1,49E-05	0,00115543	0,0030001	0,10707521	0,11124564
2024	33672	1,536E-05	0,00119113	0,0030928	0,11038384	0,11468313
2025	34713	1,5835E-05	0,00122793	0,00318837	0,1137947	0,11822684
2026	35785	1,6324E-05	0,00126588	0,00328689	0,11731095	0,12188005
2027	36891	1,6828E-05	0,00130499	0,00338846	0,12093586	0,12564614
2028	38031	1,7348E-05	0,00134532	0,00349316	0,12467278	0,12952861
2029	39206	1,7885E-05	0,00138689	0,0036011	0,12852517	0,13353104
2030	40418	1,8437E-05	0,00142974	0,00371237	0,1324966	0,13765715
2031	41667	1,9007E-05	0,00147392	0,00382708	0,13659074	0,14191075
2032	42954	1,9594E-05	0,00151947	0,00394534	0,14081139	0,1462958

Tabel 4. 15. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal *Ramming Model Ronggolawe-2* Pada Sudut 10°

$\Psi = 10^\circ$		$P\Psi (10^\circ) =$	0,2
<i>Danger measure</i>		=	0,1 <i>(based on MARIN Contact Ramming Report)</i>
<i>Ship Length</i>		=	243 m
	1 m	=	0,00053995 nm
			0,13120785
<i>Number of Vessel (N)</i>		=	24093 vessel/year
<i>PΨ (10°)</i>		=	0,2
<i>Nav. Error Rate</i>		=	0,000065 <i>for each vessel</i>
<i>e</i>		=	2,71828
<u>Perhitungan :</u>			
<i>rΨ</i>		=	24926 m
			13,4587937 nm
<i>Phit</i>		=	3,50896E-05
<i>RO</i>		=	0,169082662
<i>N ramming</i>		=	1,09904E-05

Tabel 4. 16. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal *Ramming Model Ronggolawe-2* Pada Sudut 20°

$\Psi = 20^\circ$		$P\Psi (20^\circ) =$	0,1
<i>Danger measure</i>		=	0,1 <i>(based on MARIN Contact Ramming Report)</i>
<i>Ship Length</i>		=	243 m
	1 m	=	0,00053995 nm
			0,13120785
<i>Number of Vessel (N)</i>		=	24093 vessel/year
<i>PΨ (10°)</i>		=	0,1
<i>Nav. Error Rate</i>		=	0,000065 <i>for each vessel</i>
<i>e</i>		=	2,71828
<u>Perhitungan :</u>			
<i>rΨ</i>		=	12669 m
			6,84062655 nm
<i>Phit</i>		=	0,005442174
<i>RO</i>		=	13,11182884
<i>N ramming</i>		=	0,000852269

Tabel 4. 17. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal *Ramming Model Ronggolawe-2* Pada Sudut 30°

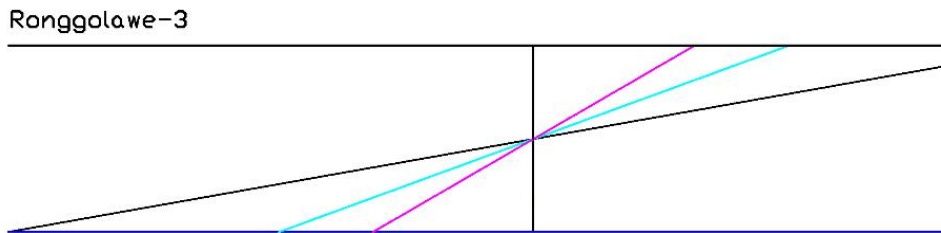
$\Psi = 30^\circ$		$P\Psi (30^\circ) = 0,05$	
<i>Danger measure</i>	=	0,1	(based on MARIN Contact Ramming Report)
<i>Ship Length</i>	=	243	m
1 m	=	0,00053995	nm
		0,13120785	
<i>Number of Vessel (N)</i>	=	24093	vessel/year
<i>PΨ (10°)</i>	=	0,05	
<i>Nav. Error Rate</i>	=	0,000065	for each vessel
<i>e</i>	=	2,71828	
<u>Perhitungan :</u>			
<i>rΨ</i>	=	8666	m
		4,6792067	nm
<i>Phit</i>	=	0,028261559	
<i>RO</i>	=	34,04528677	
<i>N ramming</i>	=	0,002212944	

Tabel 4. 18. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal *Ramming Model* Ronggolawe-2 Pada Sudut 0°

$\Psi = 0^\circ$		$P\Psi (0^\circ) =$	0,3
<i>Danger measure</i>	=	0,1	(based on MARIN Contact Ramming Report)
<i>Ship Length</i>	=	243	m
	1 m	= 0,00053995	nm
		0,13120785	
<i>Number of Vessel (N)</i>	=	24093	vessel/year
<i>P\Psi (10^\circ)</i>	=	0,3	
<i>Nav. Error Rate</i>	=	0,000065	for each vessel
<i>e</i>	=	2,71828	
<u>Perhitungan :</u>			
<i>r\Psi</i>	=	4333	m
		2,33960335	nm
<i>Phit</i>	=	0,168111745	
<i>RO</i>	=	1215,094881	
<i>N ramming</i>	=	0,078981167	

4.2.1.2. Perhitungan Frekuensi *Contact Ramming Model Ronggolawe-3*

Pada *contact ram model*, diasumsikan bahwa *navigational error* dapat terjadi pada *seven course change angle* yang berbeda-beda. Dimana besarnya *seven course change angle* tertera pada tabel 2.7 yaitu mulai dari -30° hingga 30° . Dimana masing-masing sudut memiliki nilai probabilitas yang berbeda yaitu 0,05;0,1;0,2;0,3;0,2;0,1;0,05. Skenario pada masing-masing perubahan sudut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 13. *Ramming Model* Pada Ronggoawe-3 Pada Setiap Perubahan Sudutnya

Berikut merupakan hasil detail perhitungan dari *contact ramming model* pada Ronggoawe-3 pada setiap perubahan sudutnya.

Tabel 4. 19. Tabel Rekapitulasi Perhitungan Frekuensi Tubrukan Kapal *Ramming Model* Pada Ronggolawe-3 Setiap Perubahan Sudut

<i>Course Change Angle</i>	<i>N ramming</i>
$\Psi = 10^\circ$	1,66082E-13
$\Psi = 20^\circ$	9,17095E-08
$\Psi = 30^\circ$	4,27113E-06
$\Psi = 0^\circ$	0,003469841

Pada Tabel 4.19 diatas terlihat bahwa hasil perhitungan tingkat frekuensi tubrukan kapal akibat *ramming* memiliki nilai yang berbeda-beda pada setiap perubahan sudutnya dari anjungan ronggolawe-3.

Didapatkan hasil frekuensi terbesar pada perubahan sudut sebesar 0° dan diikuti dengan 30° ; 20° ; dan hasil terkecil pada sudut 10° . dengan nilai berturut-turut 0,003469841; 4,27113E-06; 9,17095E-08; dan 1,66082E-13.

Pengaruh dari plot posisi anjungan terhadap alur sangat berpengaruh. Seperti yang dijelaskan pada sebelumnya bahwa lokasi Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3 berbeda terhadap alur. Adapun detail perhitungan dari masing-masing perubahan sudut sesuai dengan formula yang ada dijelaskan pada halaman selanjutnya.

Adapun prediksi pertumbuhan kapal selama 15 tahun kedepan untuk anjungan Ronggolawe-3 dan perhitungan frekuensi *contact ramming* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 20. Prediksi Pertumbuhan Jumlah Kapal dan Perhitungan *Contact Ramming* Frequency Ronggolawe-3

Tahun	Prediksi Jumlah Kapal (N)	Frekuensi <i>Ramming</i>				Kumulatif
		$\Psi = 10^0$	$\Psi = 20^0$	$\Psi = 30^0$	$\Psi = 0^0$	
2014	24837	1,7121E-13	9,4543E-08	4,4031E-06	0,00357706	0,00358156
2015	25605	1,765E-13	9,7465E-08	4,5392E-06	0,00368759	0,00369223
2016	26396	1,8196E-13	1,0048E-07	4,6794E-06	0,00380154	0,00380632
2017	27212	1,8758E-13	1,0358E-07	4,824E-06	0,003919	0,00392393
2018	28053	1,9338E-13	1,0678E-07	4,9731E-06	0,0040401	0,00404518
2019	28919	1,9935E-13	1,1008E-07	5,1267E-06	0,00416494	0,00417018
2020	29813	2,0551E-13	1,1348E-07	5,2852E-06	0,00429364	0,00429904
2021	30734	2,1186E-13	1,1699E-07	5,4485E-06	0,00442631	0,00443188
2022	31684	2,1841E-13	1,206E-07	5,6168E-06	0,00456308	0,00456882
2023	32663	2,2516E-13	1,2433E-07	5,7904E-06	0,00470408	0,00471
2024	33672	2,3212E-13	1,2817E-07	5,9693E-06	0,00484944	0,00485554
2025	34713	2,3929E-13	1,3213E-07	6,1538E-06	0,00499929	0,00500557
2026	35785	2,4668E-13	1,3622E-07	6,3439E-06	0,00515376	0,00516024
2027	36891	2,543E-13	1,4043E-07	6,5399E-06	0,00531302	0,0053197
2028	38031	2,6216E-13	1,4476E-07	6,742E-06	0,00547719	0,00548407
2029	39206	2,7026E-13	1,4924E-07	6,9504E-06	0,00564643	0,00565353
2030	40418	2,7861E-13	1,5385E-07	7,1651E-06	0,00582091	0,00582823
2031	41667	2,8722E-13	1,586E-07	7,3865E-06	0,00600077	0,00600832
2032	42954	2,961E-13	1,635E-07	7,6148E-06	0,0061862	0,00619398

Tabel 4. 21. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal *Ramming Model Ronggolawe-3* Pada Sudut 10°

$\Psi = 10^\circ$		$P\Psi (10^\circ) =$	0,2
<i>Danger measure</i>		=	0,1 <i>(based on MARIN Contact Ramming Report)</i>
<i>Ship Length</i>		=	243 m
	1 m	=	0,00053995 nm
			0,13120785
<i>Number of Vessel (N)</i>		=	24093 vessel/year
<i>PΨ (10°)</i>		=	0,2
<i>Nav. Error Rate</i>		=	0,000065 <i>for each vessel</i>
<i>e</i>		=	2,71828
<u>Perhitungan :</u>			
<i>rΨ</i>		=	68685 m
			37,08646575 nm
<i>Phit</i>		=	5,30258E-13
<i>RO</i>		=	2,5551E-09
<i>N ramming</i>		=	1,66082E-13

Tabel 4. 22. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal *Ramming Model Ronggolawe-3* Pada Sudut 20°

$\Psi = 20^\circ$		$P\Psi (20^\circ) =$	0,1
<i>Danger measure</i>		=	0,1 <i>(based on MARIN Contact Ramming Report)</i>
<i>Ship Length</i>		=	243 m
	1 m	=	0,00053995 nm
			0,13120785
<i>Number of Vessel (N)</i>		=	24093 vessel/year
<i>PΨ (10°)</i>		=	0,1
<i>Nav. Error Rate</i>		=	0,000065 <i>for each vessel</i>
<i>e</i>		=	2,71828
<u>Perhitungan :</u>			
<i>rΨ</i>		=	34872 m
			18,8291364 nm
<i>Phit</i>		=	5,85612E-07
<i>RO</i>		=	0,001410916
<i>N ramming</i>		=	9,17095E-08

Tabel 4. 23. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal *Ramming Model Ronggolawe-3* Pada Sudut 30°

$\Psi = 30^\circ$		$P\Psi (30^\circ) =$	0,05
<i>Danger measure</i>		=	0,1 <i>(based on MARIN Contact Ramming Report)</i>
<i>Ship Length</i>		=	243 m
	1 m	=	0,00053995 nm
			0,13120785
<i>Number of Vessel (N)</i>		=	24093 vessel/year
<i>PΨ (10°)</i>		=	0,05
<i>Nav. Error Rate</i>		=	0,000065 <i>for each vessel</i>
<i>e</i>		=	2,71828
<u>Perhitungan :</u>			
<i>rΨ</i>		=	23854 m
			12,8799673 nm
<i>Phit</i>		=	5,45466E-05
<i>RO</i>		=	0,065709619
<i>N ramming</i>		=	4,27113E-06

Tabel 4. 24. Tabel Frekuensi Tubrukan Kapal *Ramming Model* Ronggolawe-3 Pada Sudut 0°

$\Psi = 0^\circ$		$P\Psi (0^\circ) =$	0,3
<i>Danger measure</i>	=	0,1	(based on MARIN Contact Ramming Report)
<i>Ship Length</i>	=	243	m
	1 m	= 0,00053995	nm
		0,13120785	
<i>Number of Vessel (N)</i>	=	24093	vessel/year
<i>P\Psi (10^\circ)</i>	=	0,3	
<i>Nav. Error Rate</i>	=	0,000065	for each vessel
<i>e</i>	=	2,71828	
<u>Perhitungan :</u>			
<i>r\Psi</i>	=	11927	m
		6,43998365	nm
<i>Phit</i>	=	0,00738557	
<i>RO</i>	=	53,38216308	
<i>N ramming</i>	=	0,003469841	

4.2.2. Perhitungan Frekuensi *Contact Drifting* dengan SAMSON Model

Drifting collision merupakan kejadian tubrukan kapal yang disebabkan karena kapal mengalami kerusakan mesin dan adanya penyimpangan dari alur yang seharusnya dengan kecepatan tertentu (*drift velocity*). Kapal dapat menabrak objek lain apabila kapal mengarah kepada objek tertentu dan kapal tidak bisa memperbaiki kerusakan sistem penggerak pada waktu tertentu (MARIN *Drift Model*, 2014). Pada dasarnya model perhitungan yang digunakan oleh SAMSON Model dan CRASH Model dari DNV memiliki banyak kesamaan, hanya saja masing-masing model memiliki asumsi yang berbeda-beda untuk beberapa faktor seperti kecepatan *drifting*, *emergency anchoring*, dan sebagainya (Ellis Joanne, dkk 2008).

Kapal akan mulai *drifting* apabila terjadi kegagalan dalam mesin dan tidak ada sistem propulsi yang bekerja dengan kecepatan yang dipengaruhi oleh angin, gelombang laut, ombak dan karakteristik kapal seperti ukuran kapal (Emmy Pratiwi, 2015).

4.2.2.1. Perhitungan Frekuensi *Contact Drifting* dengan SAMSON Model Pada Ronggolawe-2

Ada beberapa langkah dalam melakukan perhitungan peluang tubrukan kapal akibat *drifting* pada SAMSON Model, diantaranya adalah :

- *Danger Part*

Danger part menunjukkan bagian mana dari *link* yang berpotensi terjadi tubrukan dengan objek. Ketika sistem penggerak dari kapal mengalami kegagalan, kemudian kapal terseret arus sesuai dengan arah angin tertentu (*drift velocity*). Yang dimaksud *danger part* ini tergantung dari koordinat *waypoint* yang menghubungkan *link*, dimensi objek, panjang kapal dan *drift direction*. Cara untuk mendapatkan *danger part* adalah dengan melakukan plot terhadap dimensi anjungan dan ditambahkan dengan panjang kapal yang melintas.

Platform Dimension

Panjang = 180 ft = 54,864 m

Lebar = 175 ft = 53,34 m

Danger Part

Panjang *danger part* = 329 m

Jarak dari *platform* menuju alur = 4333 m

- *Drifting Distance*

Dalam mengetahui apakah kapal akan menabrak objek harus diketahui terlebih dahulu waktu *drifting* kapal hingga ke objek. Waktu ini bergantung dari jarak antara titik dimana kapal mengalami kerusakan sistem penggerak dengan objek. Adapun berdasarkan MARIN *Drift Model*, 2014 untuk menghitung *drifting distance* dapat dihitung dalam tiga kondisi berikut namun perlu mengetahui jarak *drifting distance* pada kedua titik dari *danger part* yang mana disebut r_1 dan r_2 .

- Objek *line* paralel dengan *link* ($|r_1 - r_2| < 0,001$)

$$r(x) = r_1$$

- Objek *line* tidak bersimpangan dengan *link*
($|r_1 - r_2| > 0,001$)

$$r(x) = \frac{r_2 - r_1}{x_2 - x_1} (x_2 - x_1) + r_1$$

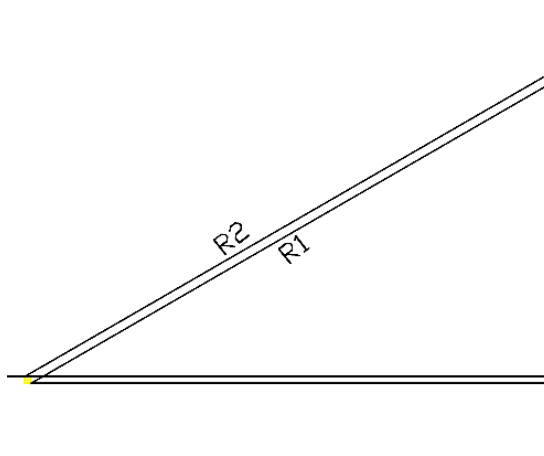
- Objek *line* bersimpangan dengan *link*

$$x_o = x_1 - r_1 \frac{x_2 - x_1}{r_2 - r_1}$$

$$x \in [x_1, x_o] : r_I = \frac{|r_1|}{x_1 - x_o} (x - x_o)$$

$$x \in [x_o, x_2] : r_{II} = \frac{|r_2|}{x_2 - x_o} (x - x_o)$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan plot dari *platform* terhadap alur agar didapatkan nilai dari *drifting distance* dan dilakukan perhitungan matematis.



Gambar 4. 14. Skenario Drifting Distance Ronggolawe-2

Dan didapatkan :

- Besarnya nilai R1 = 3752,488 m
- Besarnya nilai R2 = 3798,387 m

Dikarenakan posisi objek dengan *danger part* sejajar, maka berdasarkan formula diatas berdasarkan MARIN :

$$r(x) = r_1$$

Maka nilai dari $r(x)$ adalah 3752,488 m

- *Drifting Speed*

Drifting collision merupakan kejadian tubrukan kapal yang disebabkan karena kapal mengalami kerusakan mesin dan adanya penyimpangan dari alur yang seharusnya dengan kecepatan tertentu (*drift velocity*). Dimana *drift velocity* ini bergantung dari kecepatan angin, arus dan gelombang.

Pada SAMSON Model ini kecepatan *drifting* kapal dipengaruhi oleh *beaufort classes*. Skala beaufort merupakan suatu ukuran dan karakteristik yang berhubungan dengan kecepatan angin untuk pengamatan kondisi di darat atau dilaut. Semakin besar nilai dari beaufort ini maka akan semakin besar atau semakin kencangnya angin yang berhembus. Berikut merupakan skala beaufort yang digunakan.

Tabel 4. 25. *Beaufort Scale Table*

Nomor <i>Beaufort</i>	Kekuatan Angin	Kecepatan rata- rata (km/jam)
0	Tenang	<1
1	Sedikit tenang	1 s/d 5
2	Sedikit hembusan angin	6 s/d 11
3	Hembusan angin pelan	12 s/d 19
4	Hembusan angin sedang	20 s/d 29
5	Hembusan angin sejuk	30 s/d 39
6	Hembusan angin kuat	40 s/d 50
7	Mendekati kencang	51 s/d 61
8	Kencang	62 s/d 74
9	Kencang sekali	75 s/d 87
10	Badai	88 s/d 101
11	Badai dahsyat	101 s/d 117
12	Badai topan	>118

Langkah selanjutnya adalah dengan memperoleh data kecepatan angin yang ada pada perairan Tanjung Perak atau sekitar Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) yang didapat dari BMKG Stasiun Meteorologi Maritim, Perak, Surabaya.

Adapun rekapitulasi kecepatan angin yang diperoleh adalah sejak tahun 2014, namun *sampling* yang digunakan adalah data angin pada Bulan Desember 2016.

Tabel 4. 26. Data Kecepatan Angin Perairan Perak, Desember 2016

<i>No</i>	<i>Date</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
1	12/1/2016	5,01
2	12/2/2016	5,730416667
3	12/3/2016	3,346666667
4	12/4/2016	4,360416667
5	12/5/2016	5,9025
6	12/6/2016	7,404166667
7	12/7/2016	7,44625
8	12/8/2016	8,19625
9	12/9/2016	5,4075
10	12/10/2016	4,684166667
11	12/11/2016	6,447083333
12	12/12/2016	7,09625
13	12/13/2016	5,327916667
14	12/14/2016	5,800416667
15	12/15/2016	6,111666667
16	12/16/2016	6,4625
17	12/17/2016	6,53875
18	12/18/2016	6,618333333
19	12/19/2016	6,698333333
20	12/20/2016	6,778333333
21	12/21/2016	6,859583333
22	12/22/2016	6,9425
23	12/23/2016	7,026666667
24	12/24/2016	7,11125
25	12/25/2016	7,1975
26	12/26/2016	7,284583333
27	12/27/2016	7,371666667
28	12/28/2016	7,460833333
29	12/29/2016	7,55
30	12/30/2016	7,64
31	12/31/2016	7,731666667

Dari data kecepatan angin tersebut diketahui bahwa kecepatan rata-rata angin di Perairan Perak pada Bulan Desember 2016 adalah sekitar 6,501424731 knot atau 12,0406386 km/jam yang mana dari data ini termasuk pada karakteristik beaufort nomor ke tiga.

Untuk mendapatkan *drifting velocity*, menggunakan formula berikut :

$$V_{drift} = \sqrt{\frac{\rho_{air}}{\rho_w} \frac{A_{Lin}}{L_i T_{in}} \frac{c_{dwind}}{c_d} v_b^2 + \frac{1}{8} \frac{\zeta_b^2}{T_{in}} \frac{R^2}{c_d}}$$

Dimana :

V_b = *wind velocity*
 = 12,04064 km/jam
 = 3,344625 m/s

ρ_{air} = *density of air*
 = 1,3 kg/m³

ρ_w = *density of water*
 = 1024 kg/m³

L_i = *length of ship*
 = 243 m

T_{in} = *draught of ship*
 = 12,89 m

A_{lin} = *the lateral wind surface of ship L in load condition N*
 = 3132,27 m²

ζ_b = *the significant wave amplitude*

ζ_b^2 = 1,138062 m
 (didapatkan berdasarkan *wave height characteristic* pada skala beaufort kelas 3)

C_{dwind} = *the lateral wind resistance coefficient of the ship*
 = 0,9 (berdasarkan laporan dari MARIN)

C_d = *the lateral resistance coefficient of underwater body of the ship*
 = 0,8 (berdasarkan laporan dari MARIN)

g = *gravity constant*
 = 9,81

R = *wave drift coefficient (based on wave drift for each beaufort class)*
 = 1 (untuk T kapal maksimal 15 m, pada beaufort kelas 3)

Maka, nilai dari V_{drift} adalah :

V_{drift} = 0,17798 m/s
 = 0,640727 km/jam
 = 0,345964 knot

- *Drifting Time* Sebelum Mengenai Objek

Pada kecepatan *drift* (v_{drift}) tertentu, kapal akan menuju objek yang berjarak $r(x)$ dengan waktu $t(x)$.

Dengan sudah diketahuinya kecepatan *drifting* sebesar 0,17798 m/s dan jarak dari alur menuju objek $r(x)$ adalah 3752,488 m, maka didapatkan nilai dari *drifting time* sebelum mengenai *platform* adalah :

$$\begin{aligned} t(s) &= 21083,78 \text{ s} \\ &= 5,856607 \text{ jam} \end{aligned}$$

- *Probability Function* Selama Kegagalan Mesin

Perhitungan peluang kapal yang tidak bisa memperbaiki kerusakan mesin kurang dari waktu *drifting* kapal dapat diketahui dari waktu *drifting* sebelum mengenai objek.

Untuk $t < 0,25$ jam :

$$P_{EF}(t > t_s) = 1$$

Dan untuk $t > 0,25$ jam :

$$P_{EF}(t > t_s) = \frac{1}{1,5(t_s - 0,25) + 1}$$

Dikarenakan $t(s) = 5,856607$ jam, atau lebih dari 0,25 jam maka menggunakan formula kedua dan didapatkan nilai dari P_{ef} adalah :

$$P_{ef} = 0,106271$$

Berdasarkan laporan MARIN, untuk menghitung frekuensi kapal menabrak objek karena *drifting* selain memperhatikan *probability of repair function* (P_{ef}) juga perlu memperhatikan *probability of anchoring failure* (P_{af}) karena dalam waktu tertentu sebesar $t(s)$ dengan kecepatan angin yang diketahui, apakah ada peluang gagal dalam *anchoring*.

Nilai dari *probability of anchoring failure* (P_{af}) untuk kategori beaufort kelas 3 adalah :

$$P_{af} = 0,01$$

Tabel 4. 27. *Probability Of An Anchoring Failure For Each Beaufort Class*

Beaufort class	PANCHOR(BF)	
	Proposal 1	Proposal 2
0	0.01	0.01
1	0.01	0.01
2	0.01	0.01
3	0.01	0.01
4	0.05	0.35
5	0.1	0.07
6	0.18	0.126
7	0.3	0.21
8	0.5	0.35
9	0.7	0.49
10	0.9	0.63
11	1	0.70

- *Danger Mile*

Danger mile merupakan hasil dari fungsi perkalian antara peluang kapal *drifting* dengan jumlah kapal yang melintasi alur selama satu tahun.

Sebelum mengetahui besarnya nilai dari *danger mile*, perlu menentukan jumlah peluang *drifting* dan jumlah kapal yang melintas sekitar alur selama satu tahun.

Peluang *drifting* didapatkan dari :

$$P_{DRIFT}(type, size) = \sum_{\phi_{wind}} \sum_{Bf} \sum_{load} \sum_t \sum_c P_{DRIFT}(\phi_{wind}, type, size, Bf, load, t, c) P_{\phi_{wind}} P_{Bf} P_{load} P_{t,c}$$

Dengan :

$$\begin{aligned} P_{drift}(l_i, type, size, \phi_{wind}, load, Bf, t, c) &= 1 \\ P_{\phi_{wind}} &= 0,01828704 \\ P_{load} &= 1 \\ P_{c,t} &= 0,5 \\ \text{Maka, } P_{drift}(l_i, type, size, Bf) &= 0,009144 \end{aligned}$$

Total jumlah kapal yang melintas sekitar APBS pada tahun 2013 adalah 24093 unit, maka :

$$\begin{aligned} N(l_i, type, size) &= 24093 \text{ unit} \\ DM(l_i, type, size) &= P_{drift}(l_i, type, size, Bf) \times N \\ &= 220,2948 \end{aligned}$$

- Jumlah Kapal *Drifting* Yang Mengenai Objek

Langkah terakhir untuk menentukan jumlah kapal yang akan menabrak objek adalah dengan mengalikan *danger mile* dengan kemungkinan kegagalan mesin, dan *probability function* selama kegagalan mesin.

Dengan :

$$P_{ENGINE FAILURE} = 0,023$$

Maka, frekuensi kapal menabrak objek (Ronggolawe-2) karena *drifting* adalah sebesar :

$$\begin{aligned} N_{drift}(type, size) &= \sum_{L_i} DM \times P_{ENGINE FAILURE} \\ &= 0,005385 \end{aligned}$$

Adapun prediksi pertumbuhan kapal selama 15 tahun kedepan untuk anjungan Ronggolawe-2 dan perhitungan frekuensi *contact drifting* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 28. Prediksi Pertumbuhan Jumlah Kapal dan Perhitungan *Contact Drifting Frequency* Ronggolawe-2

Tahun	Prediksi Jumlah Kapal (N)	<i>Pef</i>	<i>Paf</i>	<i>Pdrift</i>	<i>DM</i>	<i>Prob. Engine Failure</i>	<i>Ndrif</i>
2014	24837	0,106271	0,01	0,009144	227,1019	0,023	0,0055509
2015	25605	0,106271	0,01	0,009144	234,1194	0,023	0,00572242
2016	26396	0,106271	0,01	0,009144	241,3537	0,023	0,00589924
2017	27212	0,106271	0,01	0,009144	248,8115	0,023	0,00608153
2018	28053	0,106271	0,01	0,009144	256,4998	0,023	0,00626945
2019	28919	0,106271	0,01	0,009144	264,4256	0,023	0,00646317
2020	29813	0,106271	0,01	0,009144	272,5964	0,023	0,00666289
2021	30734	0,106271	0,01	0,009144	281,0196	0,023	0,00686877
2022	31684	0,106271	0,01	0,009144	289,7031	0,023	0,00708101
2023	32663	0,106271	0,01	0,009144	298,6549	0,023	0,00729982
2024	33672	0,106271	0,01	0,009144	307,8834	0,023	0,00752538
2025	34713	0,106271	0,01	0,009144	317,397	0,023	0,00775792
2026	35785	0,106271	0,01	0,009144	327,2045	0,023	0,00799764
2027	36891	0,106271	0,01	0,009144	337,3152	0,023	0,00824476
2028	38031	0,106271	0,01	0,009144	347,7382	0,023	0,00849953
2029	39206	0,106271	0,01	0,009144	358,4833	0,023	0,00876216
2030	40418	0,106271	0,01	0,009144	369,5604	0,023	0,00903291
2031	41667	0,106271	0,01	0,009144	380,9799	0,023	0,00931203
2032	42954	0,106271	0,01	0,009144	392,7521	0,023	0,00959977

4.2.2.2. Perhitungan Frekuensi *Contact Drifting* dengan SAMSON Model Pada Ronggolawe-3

Ada beberapa langkah dalam melakukan perhitungan peluang tubrukan kapal akibat *drifting* pada SAMSON Model, sama dengan perhitungan ronggolawe-2, diantaranya adalah :

- *Danger Part*

Danger part menunjukkan bagian mana dari *link* yang berpotensi terjadi tubrukan dengan objek. Ketika sistem penggerak dari kapal mengalami kegagalan, kemudian kapal terseret arus sesuai dengan arah angin tertentu (*drift velocity*). Yang dimaksud *danger part* ini tergantung dari koordinat *waypoint* yang menghubungkan *link*, dimensi objek, panjang kapal dan *drift direction*. Cara untuk mendapatkan *danger part* adalah dengan melakukan plot terhadap dimensi anjungan dan ditambahkan dengan panjang kapal yang melintas.

Platform Dimension

Panjang = 180 ft = 54,864 m

Lebar = 175 ft = 53,34 m

Danger Part

Panjang *danger part* = 329 m

Jarak dari *platform* menuju alur = 11927 m

- *Drifting Distance*

Dalam mengetahui apakah kapal akan menabrak objek harus diketahui terlebih dahulu waktu *drifting* kapal hingga ke objek. Waktu ini bergantung dari jarak antara titik dimana kapal mengalami kerusakansistem penggerak dengan objek. Adapun berdasarkan MARIN *Drift Model, 2014* untuk menghitung *drifting distance* dapat dihitung dalam tiga kondisi berikut namun perlu mengetahui jarak *drifting distance* pada kedua titik dari *danger part* yang mana disebut r_1 dan r_2 .

- Objek *line* paralel dengan *link* ($|r_1 - r_2| < 0,001$)

$$r(x) = r_1$$

- Objek *line* tidak bersimpangan dengan *link* ($|r_1 - r_2| > 0,001$)

$$r(x) = \frac{r_2 - r_1}{x_2 - x_1} (x_2 - x_1) + r_1$$

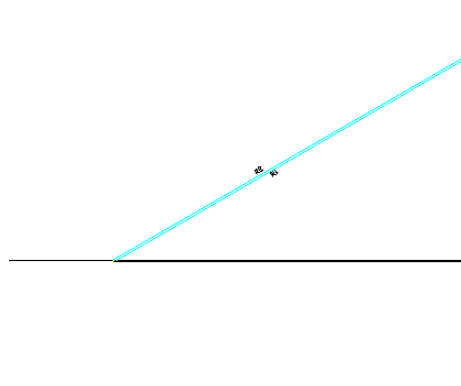
- Objek *line* bersimpangan dengan *link*

$$x_o = x_1 - r_1 \frac{x_2 - x_1}{r_2 - r_1}$$

$$x \in [x_1, x_0] : r_l = \frac{|r_1|}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$x \in [x_0, x_2] : r_l = \frac{|r_2|}{x_2 - x_0} (x - x_0)$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan plot dari *platform* terhadap alur agar didapatkan nilai dari *drifting distance* dan dilakukan perhitungan matematis.



Gambar 4. 15. Skenario *Drifting Distance* Ronggolawe-3

Dan didapatkan :

- Besarnya nilai $R1 = 10329,08$ m

- Besarnya nilai $R_2 = 10374,98 \text{ m}$

Dikarenakan posisi objek dengan *danger part* sejajar, maka berdasarkan formula diatas berdasarkan MARIN :

$$r(x) = r_i$$

Maka nilai dari $r(x)$ adalah 10329,08 m

- *Drifting Speed*

Drifting collision merupakan kejadian tubrukan kapal yang disebabkan karena kapal mengalami kerusakan mesin dan adanya penyimpangan dari alur yang seharusnya dengan kecepatan tertentu (*drift velocity*). Dimana *drift velocity* ini bergantung dari kecepatan angin, arus dan gelombang.

Pada SAMSON Model ini kecepatan *drifting* kapal dipengaruhi oleh *beaufort classes*. Skala beaufort merupakan suatu ukuran dan karakteristik yang berhubungan dengan kecepatan angin untuk pengamatan kondisi di darat atau dilaut. Semakin besar nilai dari beaufort ini maka akan semakin besar atau semakin kencangnya angin yang berhembus. Tabel skala beaufort dapat mengacu pada Tabel 4.25.

Langkah selanjutnya adalah dengan memperoleh data kecepatan angin yang ada pada perairan Tanjung Perak atau sekitar Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) yang didapat dari BMKG Stasiun Meteorologi Maritim, Perak, Surabaya.

Adapun rekapitulasi kecepatan angin yang diperoleh adalah sejak tahun 2014, namun *sampling* yang digunakan adalah data angin pada Bulan Desember 2016 yang terlihat pada Tabel 4.26.

Dari data kecepatan angin yang tertuang pada Tabel 4.26 tersebut diketahui bahwa kecepatan rata-rata angin di Perairan Perak pada Bulan Desember 2016 adalah sekitar 6,501424731 knot atau 12,0406386 km/jam yang mana dari data ini termasuk pada karakteristik beaufort nomor ke tiga.

Untuk mendapatkan *drifting velocity*, menggunakan formula berikut :

$$V_{drift} = \sqrt{\frac{\rho_{air}}{\rho_w} \frac{A_{Lin}}{L_i T_{in}} \frac{c_{dwind}}{c_d} v_b^2 + \frac{1}{8} \frac{\zeta_b^2}{T_{in}} \frac{R^2}{c_d}}$$

Dimana :

- V_b = wind velocity
= 12,04064 km/jam
= 3,344625 m/s
- ρ_{air} = density of air
= 1,3 kg/m³
- ρ_w = density of water
= 1024 kg/m³

- L_i = length of ship
 = 243 m
 T_{in} = draught of ship
 = 12,89 m
 A_{lin} = the lateral wind surface of ship L in load condition N
 = 3132,27 m²
 ζ_b = the significant wave amplitude
 ζ_b^2 = 1,138062 m
 (didapatkan berdasarkan wave height characteristic pada skala beaufort kelas 3)
 C_{dwind} = the lateral wind resistance coefficient of the ship
 = 0,9 (berdasarkan laporan dari MARIN)
 C_d = the lateral resistance coefficient of underwater body of the ship
 = 0,8 (berdasarkan laporan dari MARIN)
 g = gravity constant
 = 9,81
 R = wave drift coefficient (based on wave drift for each beaufort class)
 = 1 (untuk T kapal maksimal 15 m, pada beaufort kelas 3)

Maka, nilai dari V_{drift} adalah :

$$\begin{aligned}
 V_{drift} &= 0,17798 \text{ m/s} \\
 &= 0,640727 \text{ km/jam} \\
 &= 0,345964 \text{ knot}
 \end{aligned}$$

- Drifting Time Sebelum Mengenai Objek**
 Pada kecepatan *drift* (v_{drift}) tertentu, kapal akan menuju objek yang berjarak $r(x)$ dengan waktu $t(x)$.
 Dengan sudah diketahuinya kecepatan *drifting* sebesar 0,17798 m/s dan jarak dari alur menuju objek $r(x)$ adalah 10329,08 m, maka didapatkan nilai dari *drifting time* sebelum mengenai *platform* adalah :

$$\begin{aligned}
 t(s) &= 58035,14 \text{ s} \\
 &= 16,12087 \text{ jam}
 \end{aligned}$$
- Probability Function Selama Kegagalan Mesin**
 Perhitungan peluang kapal yang tidak bisa memperbaiki kerusakan mesin kurang dari waktu *drifting* kapal dapat diketahui dari waktu *drifting* sebelum mengenai objek.

Untuk $t < 0,25$ jam :

$$P_{EF}(t > t_s) = 1$$

Dan untuk $t > 0,25$ jam :

$$P_{EF}(t > t_s) = \frac{1}{1,5(t_s - 0,25) + 1}$$

Dikarenakan $t(s) = 5,856607$ jam, atau lebih dari 0,25 jam maka menggunakan formula kedua dan didapatkan nilai dari P_{ef} adalah :

$$P_{ef} = 0,040312$$

Berdasarkan laporan MARIN, untuk menghitung frekuensi kapal menabrak objek karena *drifting* selain memperhatikan *probability of repair function* (P_{ef}) juga perlu memperhatikan *probability of anchoring failure* (P_{af}) karena dalam waktu tertentu sebesar $t(s)$ dengan kecepatan angin yang diketahui, apakah ada peluang gagal dalam *anchoring*.

Nilai dari *probability of anchoring failure* (P_{af}) untuk kategori beaufort kelas 3 sesuai dengan tabel 4.27 adalah :

$$P_{af} = 0,01$$

- *Danger Mile*

Danger mile merupakan hasil dari fungsi perkalian antara peluang kapal *drifting* dengan jumlah kapal yang melintasi alur selama satu tahun.

Sebelum mengetahui besarnya nilai dari *danger mile*, perlu menentukan jumlah peluang *drifting* dan jumlah kapal yang melintas sekitar alur selama satu tahun.

Peluang *drifting* didapatkan dari :

$$P_{DRIFT}(type, size) = \sum_{\varphi_{wind}} \sum_{Bf} \sum_{load} \sum_t \sum_c P_{DRIFT}(\varphi_{wind}, type, size, Bf, load, t, c) P_{\varphi_{wind}} P_{Bf} P_{load} P_{t,c}$$

Dengan :

$$\begin{aligned} P_{drift}(l_i, type, size, \varphi_{wind}, load, Bf, t, c) &= 1 \\ P_{\varphi_{wind}} &= 0,01828704 \\ P_{load} &= 1 \\ P_{c,t} &= 0,5 \\ \text{Maka, } P_{drift}(l_i, type, size, Bf) &= 0,009144 \end{aligned}$$

Total jumlah kapal yang melintas sekitar APBS pada tahun 2013 adalah 24093 unit, maka :

$$\begin{aligned} N(l_i, type, size) &= 24093 \text{ unit} \\ DM(l_i, type, size) &= P_{drift}(l_i, type, size, Bf) \times N \\ &= 220,2948 \end{aligned}$$

- Jumlah Kapal *Drifting* Yang Mengenai Objek

Langkah terakhir untuk menentukan jumlah kapal yang akan menabrak objek adalah dengan mengalikan *danger mile* dengan kemungkinan kegagalan mesin, dan *probability function* selama kegagalan mesin.

Dengan :

$$P_{ENGINE FAILURE} = 0,023$$

Maka, frekuensi kapal menabrak objek (Ronggolawe-3) karena *drifting* adalah sebesar :

$$N_{drift}(type, size) = \sum_{L_I} DM \times P_{ENGINE FAILURE} \\ = 0,002042537$$

Adapun prediksi pertumbuhan kapal selama 15 tahun kedepan untuk anjungan Ronggolawe-3 dan perhitungan frekuensi *contact drifting* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 29. Prediksi Pertumbuhan Jumlah Kapal dan Perhitungan *Contact Drifting Frequency* Ronggolawe-3

Tahun	Prediksi Jumlah Kapal (N)	<i>Pef</i>	<i>Paf</i>	<i>Pdrift</i>	<i>DM</i>	<i>Prob. Engine Failure</i>	<i>Ndrif</i>
2014	24837	0,040312	0,01	0,009144	227,1019	0,023	0,00210565
2015	25605	0,040312	0,01	0,009144	234,1194	0,023	0,00217072
2016	26396	0,040312	0,01	0,009144	241,3537	0,023	0,00223779
2017	27212	0,040312	0,01	0,009144	248,8115	0,023	0,00230694
2018	28053	0,040312	0,01	0,009144	256,4998	0,023	0,00237822
2019	28919	0,040312	0,01	0,009144	264,4256	0,023	0,00245171
2020	29813	0,040312	0,01	0,009144	272,5964	0,023	0,00252747
2021	30734	0,040312	0,01	0,009144	281,0196	0,023	0,00260557
2022	31684	0,040312	0,01	0,009144	289,7031	0,023	0,00268608
2023	32663	0,040312	0,01	0,009144	298,6549	0,023	0,00276908
2024	33672	0,040312	0,01	0,009144	307,8834	0,023	0,00285464
2025	34713	0,040312	0,01	0,009144	317,397	0,023	0,00294285
2026	35785	0,040312	0,01	0,009144	327,2045	0,023	0,00303379
2027	36891	0,040312	0,01	0,009144	337,3152	0,023	0,00312753
2028	38031	0,040312	0,01	0,009144	347,7382	0,023	0,00322417
2029	39206	0,040312	0,01	0,009144	358,4833	0,023	0,0033238
2030	40418	0,040312	0,01	0,009144	369,5604	0,023	0,0034265
2031	41667	0,040312	0,01	0,009144	380,9799	0,023	0,00353238
2032	42954	0,040312	0,01	0,009144	392,7521	0,023	0,00364153

Maka, setelah melakukan perhitungan *contact drift model* pada Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3 didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 30. Perbandingan Hasil Perhitungan Frekuensi *Contact Drift* Dengan Metode SAMSON

Objek	<i>Contact Drift Model</i>
Ronggolawe-2	0,0005385
Ronggolawe-3	0,002042537

4.3. Analisis Perbandingan Hasil Perhitungan Menggunakan *CRASH Model* dan *SAMSON Model*

Pada penelitian kali ini, perhitungan frekuensi tubrukan kapal akan dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *Quantitative Risk Assessment (CRASH Model)* dari DNV dan *Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea (SAMSON) Model*. Tujuan dari dilakukannya perhitungan menggunakan dua metode adalah agar mendapatkan hasil yang bisa lebih akurat karena akan dianalisis dan dibandingkan berdasarkan kedua metode tersebut.

Dimana hasil perhitungan dari kedua metode yang didapatkan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 31. Hasil Perbandingan Perhitungan Tubrukan dengan *CRASH Model* dan *SAMSON Model*

<i>Collision Frequency</i>	<i>CRASH Model (DNV)</i>	<i>SAMSON Model (MARIN)</i>
<u>Powered Vessel Collision</u>		
Ronggolawe-2	0,0001456167	0,08205737
Ronggolawe-3	0,0001474925	0,003474203
<u>Drifting Collision</u>		
Ronggolawe-2	0,0000008583	0,005385
Ronggolawe-3	0,0000002357	0,002042537

Pada Tabel 4.31 diatas memberikan gambaran bahwa hasil yang didapatkan untuk perhitungan frekuensi tubrukan kapal dengan metode SAMSON menghasilkan nilai yang lebih besar daripada CRASH Model pada kedua skenario *powered vessel collision* dan skenario *drifting collision*.

Powered collision model untuk ronggolawe-2 dan ronggolawe-3 pada metode CRASH memiliki nilai 0,0001456167 dan 0,0001474925. Sedangkan pada metode SAMSON memiliki nilai yang lebih besar yaitu 0,08205737 dan 0,003474203. Pada dasarnya kedua metode ini sulit untuk dibandingkan satu sama lain dikarenakan keduanya memiliki asumsi-asumsi yang berbeda. Jika pada CRASH yang dikembangkan oleh DNV, sebagian besar menggunakan *causation factor* baik karena *human error* maupun kesalahan teknis yang menyebabkan kapal berlayar menyimpang dari alurnya. Sedangkan pada metode SAMSON dari MARIN menggunakan nilai yang dijadikan acuan dalam *powered vessel* atau *ramming* yaitu *navigational error rate (NER)* yang memiliki nilai relatif kecil yaitu $0,65 \times 10^{-4}$. Selain itu hasil nilai dari perhitungan pada metode SAMSON memiliki nilai yang relative lebih besar dikarenakan menggunakan fungsi kumulatif atau penjumlahan dari beberapa perhitungan frekuensi *ramming* yang juga masih dipengaruhi oleh perubahan sudut atau yang biasa disebut dengan *course change angle*. Hal itulah yang menyebabkan hasil perhitungan pada metode SAMSON menghasilkan nilai yang relatif lebih besar, namun jika dilihat pada perhitungan masing-masing perubahan sudut akan menunjukkan nilai yang berbeda. Selain itu pada

perhitungan CRASH dari DNV juga cenderung sensitif terhadap *centerline* dan standar deviasi. Semakin jauh objek dari tengah alur maka frekuensinya akan semakin kecil, sedangkan pada metode SAMSON besarnya nilai standar deviasi tidak memberikan perbedaan pada fungsi perhitungannya.

Sama halnya dengan *powered vessel collision*, pada perhitungan *drifting collision* hasil yang didapatkan pada metode SAMSON memiliki nilai yang lebih besar daripada metode CRASH. Yaitu masing-masing untuk ronggolawe 2 dan 3 pada metode SAMSON menghasilkan angka 0,005385 dan 0,002042537, sedangkan pada metode CRASH hasil untuk ronggolawe-2 dan ronggolawe-3 memiliki nilai yang lebih kecil yaitu 0,0000008583 dan 0,0000002357. Perbedaan hasil yang didapatkan pada metode CRASH dan SAMSON dikarenakan adanya beberapa asumsi atau hal yang mempengaruhi pada kedua metode. Pada CRASH hanya memperhatikan faktor dari jumlah kapal, *breakdown probability*, dan faktor dimensi dari kapal serta anjungan. Sedangkan pada metode SAMSON memiliki asumsi serta hal yang berpengaruh jauh lebih detail dari metode CRASH, seperti adanya faktor jarak dari zona berbahaya, jarak anjungan dengan alur, adanya faktor kecepatan drifting yang dipengaruhi oleh kecepatan angin sesuai dengan data dan *beaufort class scale*, waktu drifting dan peluang kegagalan mesin serta waktu perbaikan yang juga diperhatikan oleh metode SAMSON. Hal inilah yang menyebabkan kemungkinan tingkat tubrukan pada metode SAMSON lebih mendetail dibandingkan dengan metode CRASH.

4.4. Penilaian Risiko Terhadap Tingkat Frekuensi Tubrukan Kapal

Berdasarkan teori dasar risiko dalam kasus tubrukan kapal, jika nilai dari peluang atau frekuensi tubrukan kapal lebih besar dari 1 maka perlu dilakukannya mitigasi terhadap risiko tubrukan kapal. Atau batasan yang digunakan dalam menghitung tingkat frekuensi tubrukan kapal harus lebih kecil dari 1 kejadian per tahun. Sedangkan pada hasil perhitungan frekuensi tubrukan kapal pada anjungan Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3 baik menggunakan metode *Quantitative Risk Assessment (QRA) CRASH Model* dari DNV dan *Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea (SAMSON) Model* dari MARIN menghasilkan angka seperti pada tabel perbandingan diatas menunjukkan hasil yang kurang dari 1, maka analisis kajian berbasis risiko pada instalasi anjungan lepas pantai (Studi kasus Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3) didekat Alur Pelayaran Barat Surabaya masih dikategorikan pada tingkat aman, atau tidak berisiko besar adanya tubrukan kapal.

4.5. Pengembangan Perangkat Lunak *Visual Basic for Application (VBA)*

Visual Basic for Application (VBA) merupakan sebuah bahasa pemrograman dikembangkan oleh *Microsoft*. Singkatnya, *Excel VBA* adalah *tools* yang akan digunakan untuk pengembangan program-program yang akan mengontrol *microsoft excel* sehingga *microsoft excel* akan melakukan apapun yang diperintahkan secara cepat dan akurat. Program *Excel VBA* tidak akan bisa dijalankan tanpa adanya *microsoft excel* yang akan dijadikan induk.

Adapun tujuan dari penggunaan VBA adalah :

- Mengotomasikan proses yang sering dilakukan (*recurring task*).
- Mengotomasikan proses yang dilakukan secara berulang-ulang (*repetitive task*).

Ship's Collision Frequency Calculation Using CRASH Model X

Powered Vessel Collision | Drifting Collision

Panjang Platform (meter) =

Lebar Platform (meter) =

Lebar Kapal (meter) =

Lebar Alur (meter) =

Jarak Platform Menuju Alur (meter) =

Jumlah Kapal Yang Melintas =

Probability of Failure Voyage =

Probability of Failure Watchkeeping =

Probability of Failure Alerting =

Run Result Report Close

Gambar 4. 17. Interface Form CRASH Model (1)

Ship's Collision Frequency Calculation Using CRASH Model X

Powered Vessel Collision | Drifting Collision

Jumlah Kapal Yang Melintas =

Box Length Pependicular / Panjang Kapal Terpanjang Yang Melintas =

Panjang Platform (meter) =

Lebar Platform (meter) =

Breakdown Probability =

Probability of Wind Blowing from Box to Platform =

Run Result Report Close

Gambar 4. 18. Interface Form CRASH Model (2)

<u>Powered Vessel Collision Using CRASH Model</u>		<u>Drifting Collision Using CRASH Model</u>	
The formula on CRASH Model is :		The formula on CRASH model is :	
$FCP = N \times Fd \times P1 \times P2 \times P3$		$Fcd = N \times Pb \times Pw \times D/BL$	
The result is :		The result is :	
<i>Powered Vessel Collision</i>	<i>Value</i>	<i>Drifting Collision</i>	<i>Value</i>
<i>N</i> <i>Total traffic in the lane</i>		<i>N</i> <i>Total traffic in the box</i>	
<i>Fd</i> <i>Proportion of vessel that are in the part of lane directed towards the platform</i>		<i>Pb</i> <i>Breakdown probability</i>	
<i>P₁</i> <i>Probability of Failure of Voyage</i>		<i>Pw</i> <i>Probability of wind blowing from box to platform</i>	
<i>P₂</i> <i>Probability of Failure of Watchkeeping</i>		<i>D</i> <i>Collision diameter</i>	
<i>P₃</i> <i>Probability of Failure of Alerting</i>		<i>BL</i> <i>Box length perpendicular to wind direction</i>	
<i>Ship's Collision Frequency</i>	0	<i>Frequency of Collisions Due to Drifting</i>	#DIV/0!

Gambar 4. 19. Induk Laporan Kalkulasi VBA CRASH Model

Ship's Collision Frequency Calculation Using SAMSON Model ✕

Contact Ramming Contact Drifting |

Course Change Angle Table Calculation Step |

Course Change Angle		Probability of Course Change Angle
*) 0	=	0.30
*) 10	=	0.20
*) 20	=	0.10
*) 30	=	0.05

Notes :

Please remark and remember your course change angle, because on the calculation step you have to enter your desire course change angle.

Gambar 4. 20. Interface Form Contact Ram SAMSON (1)

Ship's Collision Frequency Calculation Using SAMSON Model X

Contact Ramming | Contact Drifting |

Course Change Angle Table Calculation Step

Panjang Kapal (meter) =

Jumlah Kapal =

Course Change Angle =

Probability of Course Change Angle =

Jarak Antara Kapal di Alur Dengan Objek Pada Course Change Angle (meter) =

Run Result Report Close

Gambar 4. 22. Interface Form Contact Ram SAMSON (2)

Ship's Collision Frequency Calculation Using SAMSON Model X

Contact Ramming | Contact Drifting |

Page 1 | Page 2 |

Panjang Platform (meter) =

Lebar Platform (meter) =

Panjang Kapal (meter) =

Sarat Kapal (meter) =

Jumlah Kapal Yang Melintas =

Jarak Drifting Distance Pada Kedua Titik di Danger Part =

Notes :
Please Go To The Second Page

Gambar 4. 21. Interface Form Contact Drift SAMSON (1)

Ship's Collision Frequency Calculation Using SAMSON Model X

Contact Ramming | Contact Drifting |

Page 1 | Page 2 |

Kecepatan Angin (m/s) =

Air Density (kg/m³) =

Water Density (kg/m³) =

Wave Height (m) =

Wave Drift Coefficient (Based on Wave Drift for Each Beaufort Class) =

Probability of Anchoring Failure (Based on Each Beaufort Class) =

Probability of Engine Failure =

Run Result Report Close

Gambar 4. 24. Interface Form Contact Drift SAMSON (2)

Contact Ram Collision Frequency using SAMSON Model

Ψ = **$P\Psi$ =**

Descriptions :

Danger measure =

Ship Length =

where l m =

Number of Vessel (N) =

$P\Psi$ =

Nav. Error Rate =

e =

Calculation :

$r\Psi$ =

Phit =

RO =

$N_{ramming}$ =

Gambar 4. 23. Induk Laporan Kalkulasi VBA Contact Ram SAMSON

<u>Contact Drift Collision Frequency using SAMSON Model</u>	
Descriptions	Value
Ship Length	=
Ship Draught	=
Platform Length	=
Platform Breadth	=
Drift Velocity	=
Drifting Time Before Hit Object	=
Probability of Repair Function	=
Probability of Anchoring Failure	=
Probability of Engine Failure	=
Danger Mile	=
The formula to calculate the drift frequency in SAMSON is :	
$N_{drift}(type, size)$	$= \sum_{L_i} DM(l_i, type, size) \times P_{ENGINE FAILURE}$
<i>Ndrift</i>	=

Gambar 4. 25. Induk Laporan Kalkulasi VBA Contact Drift SAMSON

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini mengenai penilaian risiko tubrukan kapal akibat instalasi anjungan lepas pantai didekat Alur Pelayaran Barat Surabaya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan frekuensi tubrukan kapal skenario *powered vessel collision* pada metode *Quantitative Risk Assessment CRASH Model* untuk Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3 memiliki nilai 0,0001456167 dan 0,0001474925.
2. Perhitungan frekuensi tubrukan kapal skenario *drifting collision* pada metode *Quantitative Risk Assessment CRASH Model* untuk Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3 memiliki nilai 0,0000008583 dan 0,0000002357.
3. Pada skenario *powered vessel collision* atau *contact ramming* dengan metode *Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea (SAMSON) Model* memiliki nilai yang lebih besar yaitu 0,08205737 untuk Ronggolawe-2 dan 0,003474203 untuk Ronggolawe-3.
4. Pada metode SAMSON untuk *contact drift* memiliki nilai yang lebih besar daripada CRASH yaitu sebesar menghasilkan angka 0,005385 untuk Ronggolawe-2 dan 0,002042537 untuk Ronggolawe-3.
5. Hasil yang didapatkan untuk kedua metode memiliki perbedaan dikarenakan menggunakan asumsi-asumsi yang berbeda pada setiap metode, namun hasil diatas menunjukkan hasil yang kurang dari 1, maka analisis kajian berbasis risiko pada instalasi anjungan lepas pantai (Studi kasus Ronggolawe-2 dan Ronggolawe-3) didekat Alur Pelayaran Barat Surabaya masih dikategorikan pada tingkat aman atau dapat diterima, dan tidak berisiko besar adanya tubrukan kapal serta tidak mengganggu keselamatan serta aktifitas pelayaran, selama pihak operator pelabuhan menjaga jarak aman dari anjungan dengan alur.
6. Dengan telah terbuatnya aplikasi perhitungan frekuensi tubrukan kapal dengan metode CRASH dan SAMSON dalam bentuk *interface calculation tools* menggunakan *Visual Basic for Application* diharapkan mampu mempermudah dalam melakukan proses perhitungan tingkat frekuensi tubrukan kapal baik dengan studi kasus yang sama atau secara umum, dengan hasil yang sudah di validasi dengan perhitungan matematis menghasilkan *margin of error* yang cukup kecil.

5.2. Saran

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini mengenai penilaian risiko tubrukan kapal akibat instalasi anjungan lepas pantai didekat Alur Pelayaran Barat Surabaya, terdapat beberapa hal yang harus ditingkatkan pada penelitian selanjutnya, diantaranya :

1. Skenario penyebab tubrukan kapal yang terdapat pada metode CRASH untuk *powered vessel collision* sebaiknya menggunakan penyebab-penyebab yang terjadi di lapangan, atau perlu dilakukan validasi terhadap pihak-pihak yang

berperan didalam nya / perlu adanya *expert judgement* sehingga hasil yang didapatkan akan lebih *real* dan meminimalisir adanya asumsi-asumsi peneliti.

2. Pengembangan perangkat lunak yang digunakan (*Visual Basic for Applications*) masih dasar dan jarang digunakan sebagai *tools* yang digunakan untuk perhitungan tubrukan kapal, sehingga perlu dikembangkan lagi secara detail baik logika pemograman dan algoritma didalamnya, serta jika kedepannya akan ada pengembangan lebih lanjut mengenai *Visual Basic for Applications* akan diharapkan bisa menganalisa data menggunakan *tools* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Spouge John. 1999. *A Guide to Quantitative Risk Asessment for Offshore Installations*. DNV Technica.

MARIN. 2014. *Contact Ram Model*. Maritime Research Institute. Netherland.

MARIN. 2014. *Contact Drift Model*. Maritime Research Institute. Netherland.

Artana, KB., Dinariyana, A.A.B., Ariana, I M., Sambodo Kriyo. 2013. *Penilaian Risiko Pipa Gas Bawah Laut*. Surabaya : Guna Widya.

Pratiwi Emmy. 2015. *Estimasi Frekuensi Tubrukan Kapal Selama Proses Pipeline Decommissioning pada Crossing II Alur Pelayaran Barat Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya.

Suhardjo Bambang; S Sri Okol.2014. *Penilaian Risiko Kecelakaan Kapal Berlayar di Alur Pelayaran Timur Surabaya Dengan Metode Formal Safety Assessment*. Sekolah Tinggi Angkatan Laut.

Daeng Paroka, A. Haris Muhammad, Syamsul Asri. 2014. *Maeuvering Performance of Indonesian Ro-Ro Ferries Under Action of Wind*. Departement of Naval Architecture, Hasanuddin University.

Para, Bimo Wira. 2015. *Kajian Keselamatan Aktivitas Transportasi Laut Terhadap Collision pada Buoy No. 15 Alur Pelayaran Barat Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS): Surabaya.

Shintarahayu Balqis. 2017. *Pengembangan Perangkat Lunak Untuk Analisa Trayektori Jangkar Terkait Risiko Akibat Terseret Jangkar Pada Pipa Gas Bawah Air*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya.

PT. Pelindo III(Persero). *Sosialisasi Pengoperasian Alur Pelayaran Barat Surabaya*. PT. Pelindo III (Persero). Surabaya. 2015.

KNKT. *Data Investigasi Kecelakaan Pelayaran Tahun 2010-2016*. Laporan Komite Nasional Keselamatan Transportasi. Jakarta. 2016.

PT. Trans Asia Consultans. *Laporan Analisis Trend Kecelakaan Laut 2003-2008*. Laporan PT. Trans Asia Consultans. Jakarta. 2009.

Peraturan Menteri Perhubungan RI Nomor 25 Tahun 2011. *Sarana Bantu Navigasi Pelayaran*.Jakarta.2011.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 17 Tentang Pelayaran Tahun 2008. Jakarta

Laboratory of Logistics and Supply Chain Management. ***VBA Trainning : To Build An Operational, Automatic, Flexible, & Aesthetic Distribution Model***. Departement of Industrial Engineering. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Kristiansen, Svein. 2005. ***Maritime Transportastion : Safety Management and Risk Analysis***. DNV Technica.

Ellis Joanne., Forsman Bjorn., Huffmeier Johannes., Johanson Jessica. 2008. ***Methodology for Assessing Risks to Ship Traffic From Offshore Wind Farms***. Swedia.

Van Der Tak C., Glansdorp C.C. 2003. ***Ship Offshore Platform Collision Risk Assessment (SOCRA)***. Maritime Research Institute. Netherland.

Geijerstam Karim ; *Svensson Hanna*.2008. ***Ship Collision Risk***. Report 5275. ISSN: 1402-3504. Lund University. Sweden.

DNV. ***Marine Shipping Quantitative Risk Analysis. Techincal Data Report Det Norske Veritas***. 2010.

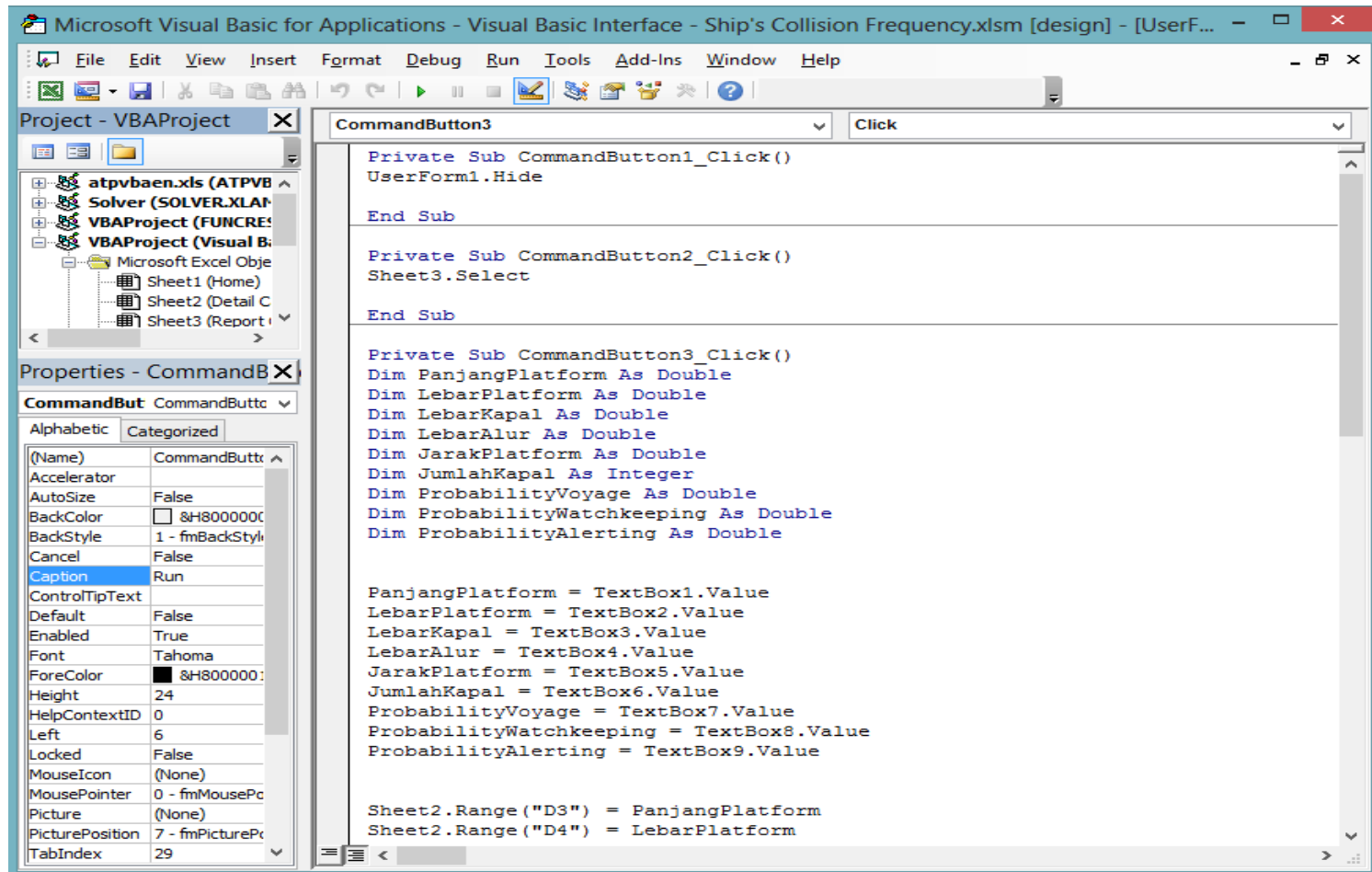
LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

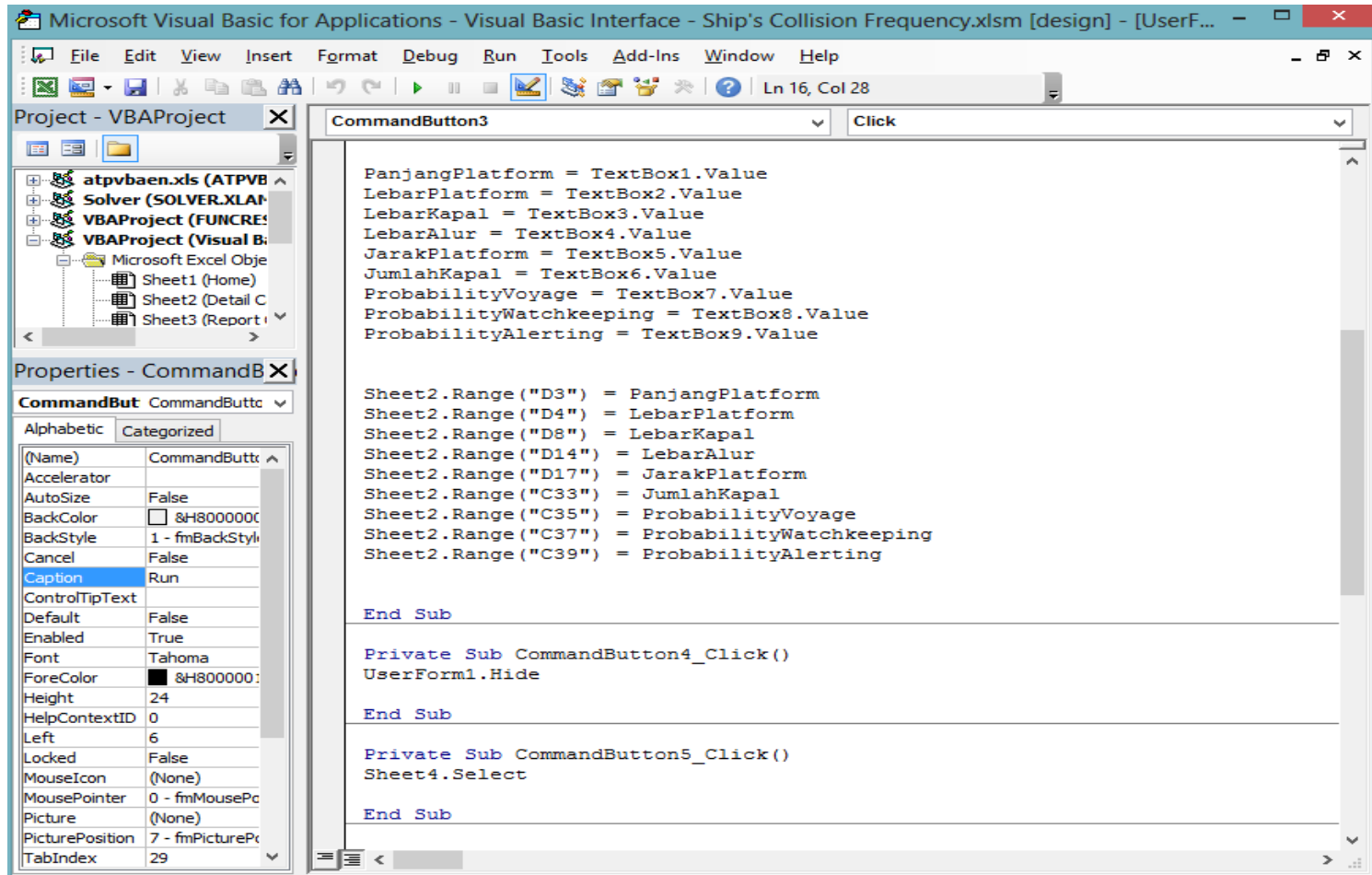
LAMPIRAN
VISUAL BASIC APPLICATION INTERFACE

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

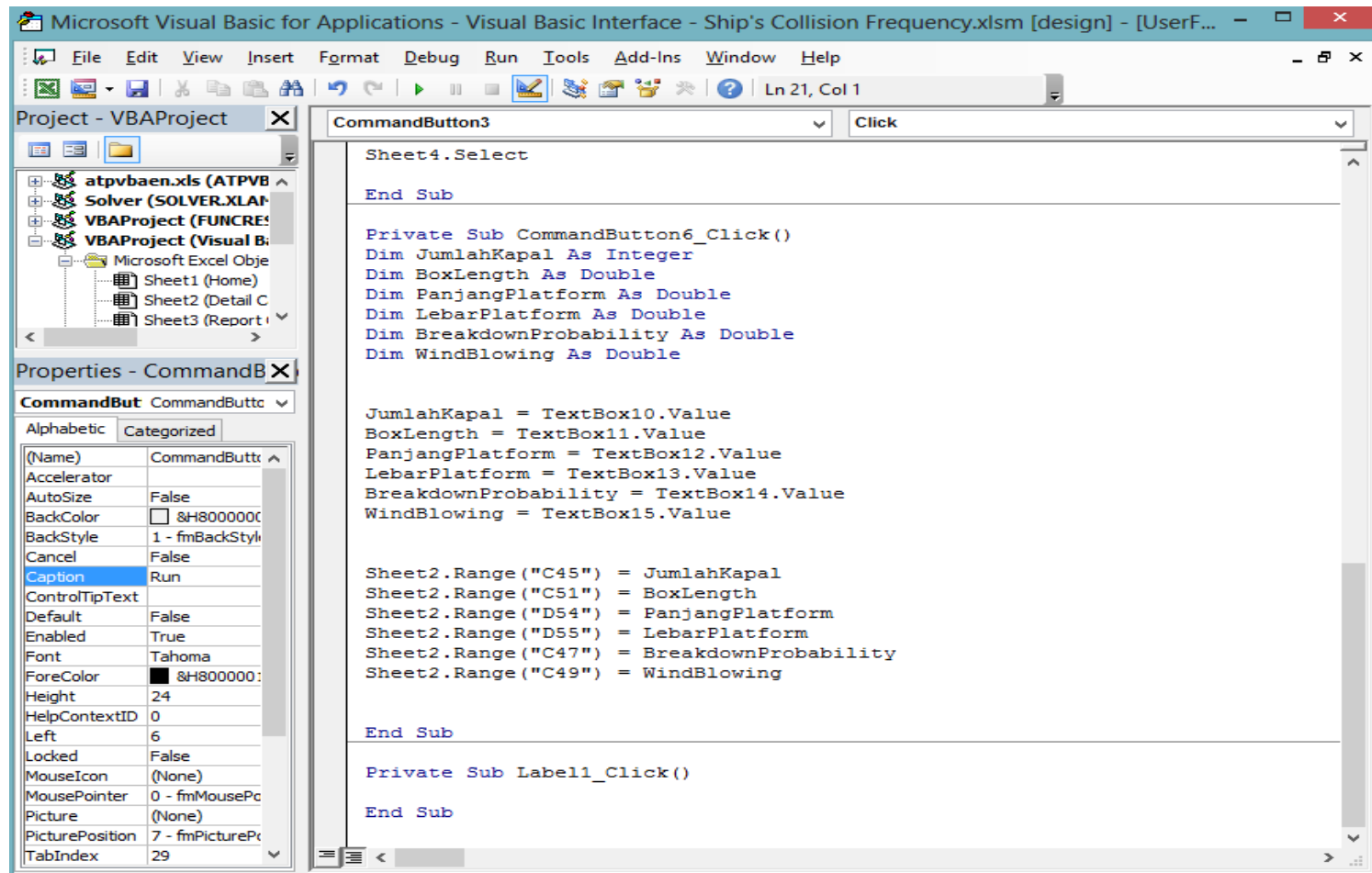
Visual Basic Application Interface User Form CRASH (1)



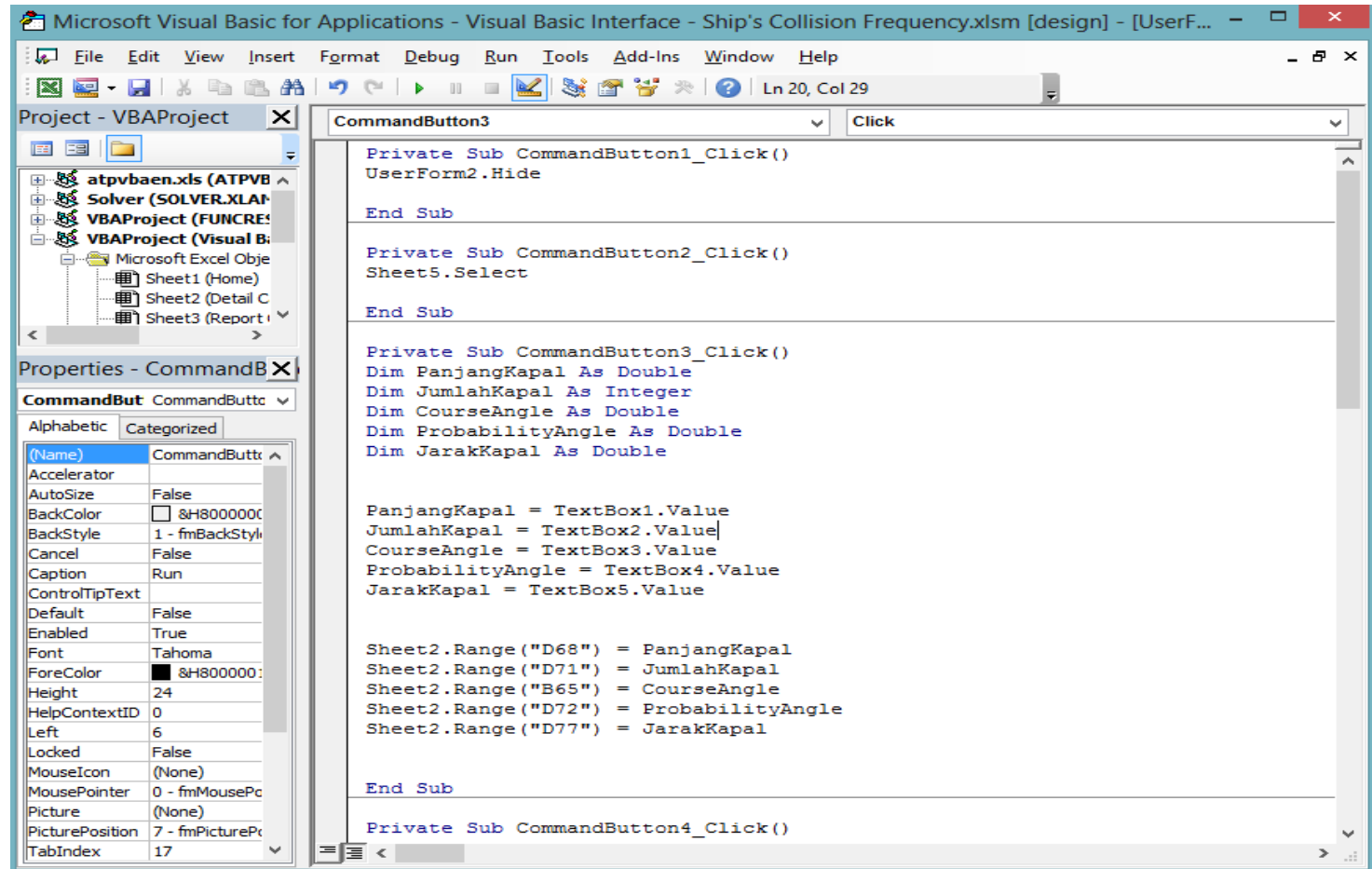
Visual Basic Application Interface User Form CRASH (2)



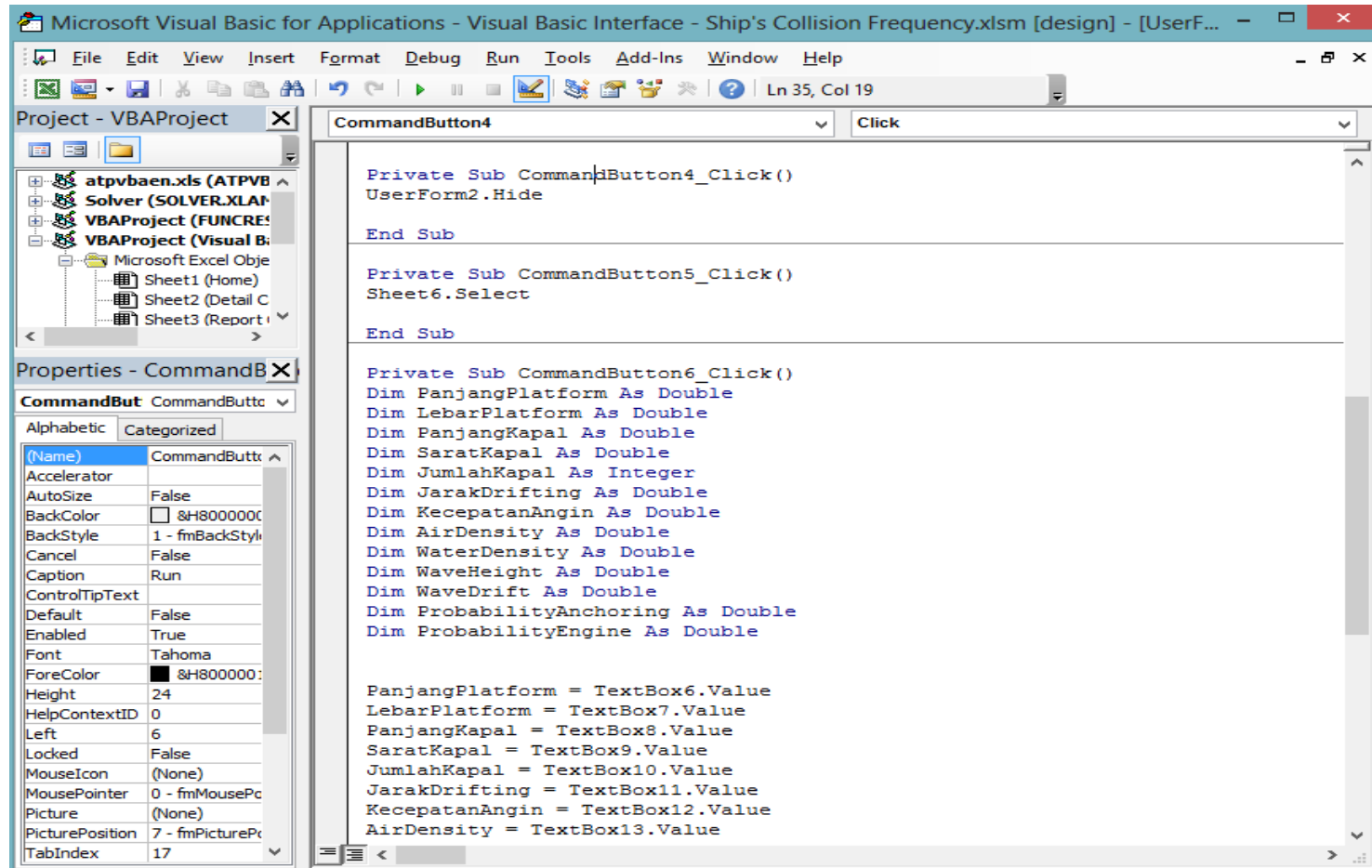
Visual Basic Application Interface User Form CRASH (3)



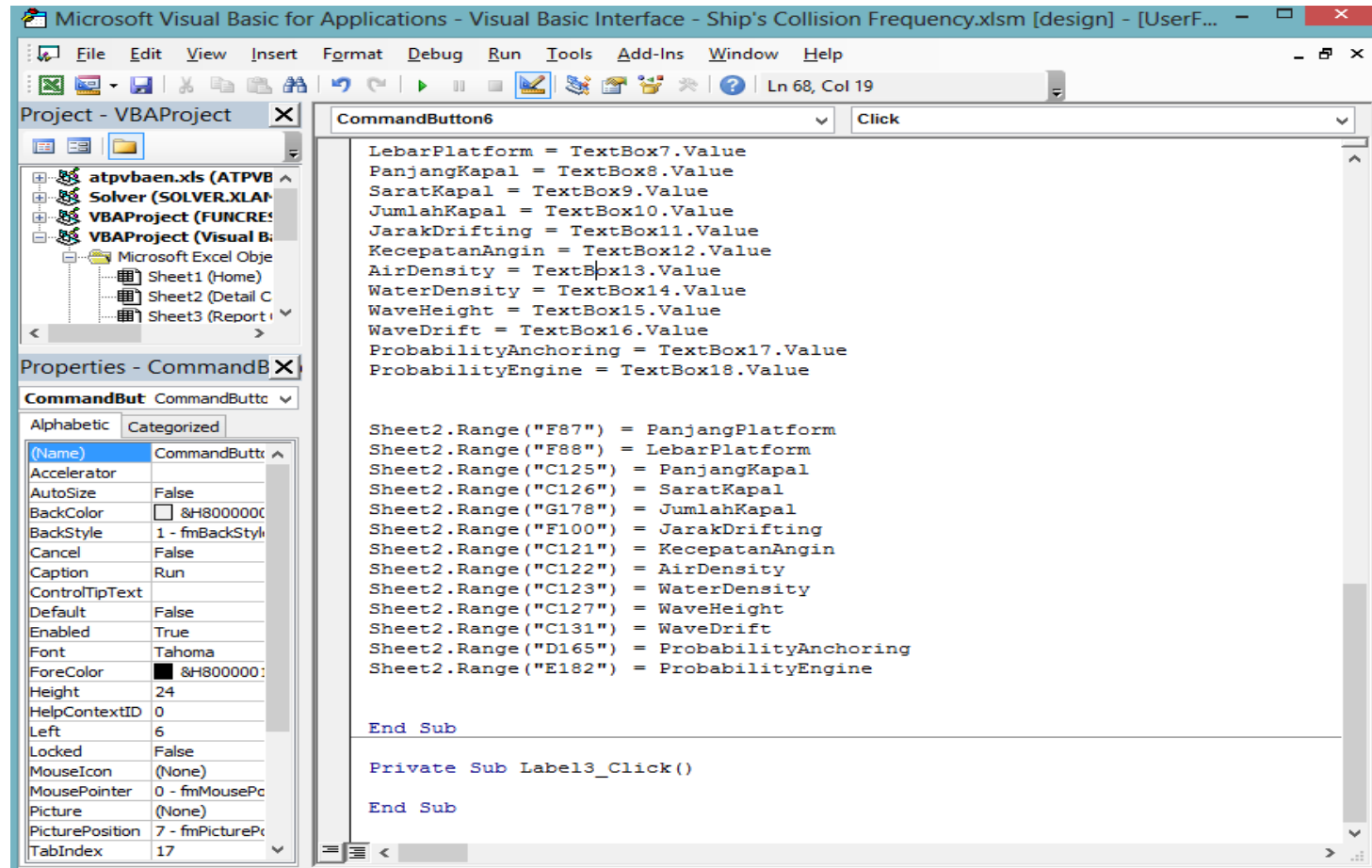
Visual Basic Application Interface User Form SAMSON (1)



Visual Basic Application Interface User Form SAMSON (2)



Visual Basic Application Interface User Form SAMSON (3)



**LAMPIRAN
DATA KECEPATAN ANGIN
PERAIRAN PERAK
BULAN DESEMBER 2016**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
01 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
01/12/2016	0	267,06	W	6,86
01/12/2016	1	264,93	W	6,53
01/12/2016	2	262,57	W	6,2
01/12/2016	3	259,96	W	5,89
01/12/2016	4	257,05	WSW	5,59
01/12/2016	5	253,83	WSW	5,3
01/12/2016	6	250,25	WSW	5,03
01/12/2016	7	246,29	WSW	4,79
01/12/2016	8	249,49	WSW	4,7
01/12/2016	9	252,81	WSW	4,62
01/12/2016	10	256,23	WSW	4,56
01/12/2016	11	259,74	W	4,51
01/12/2016	12	263,3	W	4,48
01/12/2016	13	266,89	W	4,47
01/12/2016	14	270,49	W	4,48
01/12/2016	15	274,05	W	4,51
01/12/2016	16	277,57	W	4,55
01/12/2016	17	281,01	W	4,61
01/12/2016	18	284,35	WNW	4,68
01/12/2016	19	287,57	WNW	4,77
01/12/2016	20	283,11	WNW	4,74
01/12/2016	21	278,62	W	4,75
01/12/2016	22	274,16	W	4,78
01/12/2016	23	269,78	W	4,84
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				5,01

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
02 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
02/12/2016	0	265,54	W	4,93
02/12/2016	1	261,46	W	5,04
02/12/2016	2	257,59	WSW	5,18
02/12/2016	3	253,93	WSW	5,34
02/12/2016	4	250,49	WSW	5,52
02/12/2016	5	247,28	WSW	5,71
02/12/2016	6	244,3	WSW	5,93
02/12/2016	7	241,54	WSW	6,16
02/12/2016	8	241,41	WSW	6,13
02/12/2016	9	241,29	WSW	6,11
02/12/2016	10	241,17	WSW	6,08
02/12/2016	11	241,05	WSW	6,05
02/12/2016	12	240,92	WSW	6,03
02/12/2016	13	240,8	WSW	6
02/12/2016	14	240,67	WSW	5,97
02/12/2016	15	240,54	WSW	5,95
02/12/2016	16	240,41	WSW	5,92
02/12/2016	17	240,28	WSW	5,89
02/12/2016	18	240,15	WSW	5,87
02/12/2016	19	240,02	WSW	5,84
02/12/2016	20	238,98	WSW	5,69
02/12/2016	21	237,88	WSW	5,54
02/12/2016	22	236,73	WSW	5,4
02/12/2016	23	235,52	SW	5,25
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				5,730416667

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
03 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
03/12/2016	0	234,23	SW	5,11
03/12/2016	1	232,88	SW	4,97
03/12/2016	2	231,44	SW	4,84
03/12/2016	3	229,93	SW	4,7
03/12/2016	4	228,33	SW	4,58
03/12/2016	5	226,63	SW	4,45
03/12/2016	6	224,85	SW	4,33
03/12/2016	7	222,96	SW	4,21
03/12/2016	8	219,58	SW	3,9
03/12/2016	9	215,61	SW	3,59
03/12/2016	10	210,95	SSW	3,31
03/12/2016	11	205,47	SSW	3,06
03/12/2016	12	199,05	SSW	2,83
03/12/2016	13	191,65	SSW	2,65
03/12/2016	14	183,32	S	2,52
03/12/2016	15	174,29	S	2,45
03/12/2016	16	164,95	SSE	2,44
03/12/2016	17	155,78	SSE	2,49
03/12/2016	18	147,21	SSE	2,61
03/12/2016	19	139,52	SE	2,77
03/12/2016	20	149,49	SSE	2,4
03/12/2016	21	162,58	SSE	2,12
03/12/2016	22	178,51	S	1,98
03/12/2016	23	195,37	SSW	2,01
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				3,346666667

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
04 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
04/12/2016	0	210,53	SSW	2,2
04/12/2016	1	222,59	SW	2,51
04/12/2016	2	231,67	SW	2,91
04/12/2016	3	238,44	WSW	3,36
04/12/2016	4	243,54	WSW	3,85
04/12/2016	5	247,47	WSW	4,36
04/12/2016	6	250,56	WSW	4,89
04/12/2016	7	253,04	WSW	5,43
04/12/2016	8	257,03	WSW	5,21
04/12/2016	9	261,34	W	5,02
04/12/2016	10	265,96	W	4,86
04/12/2016	11	270,86	W	4,73
04/12/2016	12	276	W	4,64
04/12/2016	13	281,29	WNW	4,59
04/12/2016	14	286,67	WNW	4,58
04/12/2016	15	292,02	WNW	4,61
04/12/2016	16	297,26	WNW	4,67
04/12/2016	17	302,31	WNW	4,78
04/12/2016	18	307,11	NW	4,92
04/12/2016	19	311,62	NW	5,09
04/12/2016	20	308,19	NW	4,78
04/12/2016	21	304,3	NW	4,48
04/12/2016	22	299,88	WNW	4,21
04/12/2016	23	294,89	WNW	3,97
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				4,360416667

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
05 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
05/12/2016	0	289,29	WNW	3,76
05/12/2016	1	283,1	WNW	3,59
05/12/2016	2	276,38	W	3,47
05/12/2016	3	269,27	W	3,39
05/12/2016	4	261,96	W	3,37
05/12/2016	5	254,69	WSW	3,41
05/12/2016	6	247,68	WSW	3,5
05/12/2016	7	241,11	WSW	3,64
05/12/2016	8	250,55	WSW	3,86
05/12/2016	9	258,76	W	4,18
05/12/2016	10	265,68	W	4,57
05/12/2016	11	271,44	W	5,02
05/12/2016	12	276,22	W	5,51
05/12/2016	13	280,2	W	6,03
05/12/2016	14	283,53	WNW	6,58
05/12/2016	15	286,34	WNW	7,14
05/12/2016	16	288,73	WNW	7,72
05/12/2016	17	290,79	WNW	8,31
05/12/2016	18	292,57	WNW	8,92
05/12/2016	19	294,13	WNW	9,52
05/12/2016	20	294,13	WNW	9,33
05/12/2016	21	294,13	WNW	9,14
05/12/2016	22	294,14	WNW	8,95
05/12/2016	23	294,14	WNW	8,75
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				5,9025

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
06 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
06/12/2016	0	294,14	WNW	8,56
06/12/2016	1	294,15	WNW	8,37
06/12/2016	2	294,15	WNW	8,18
06/12/2016	3	294,15	WNW	7,98
06/12/2016	4	294,16	WNW	7,79
06/12/2016	5	294,16	WNW	7,6
06/12/2016	6	294,16	WNW	7,41
06/12/2016	7	294,17	WNW	7,21
06/12/2016	8	293,15	WNW	7,21
06/12/2016	9	292,14	WNW	7,21
06/12/2016	10	291,12	WNW	7,22
06/12/2016	11	290,11	WNW	7,22
06/12/2016	12	289,1	WNW	7,23
06/12/2016	13	288,09	WNW	7,24
06/12/2016	14	287,08	WNW	7,25
06/12/2016	15	286,08	WNW	7,26
06/12/2016	16	285,08	WNW	7,28
06/12/2016	17	284,09	WNW	7,3
06/12/2016	18	283,1	WNW	7,32
06/12/2016	19	282,12	WNW	7,34
06/12/2016	20	281,89	WNW	7,16
06/12/2016	21	281,64	WNW	6,97
06/12/2016	22	281,39	WNW	6,79
06/12/2016	23	281,11	W	6,6
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				7,404166667

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
07 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
07/12/2016	0	280,83	W	6,42
07/12/2016	1	280,52	W	6,23
07/12/2016	2	280,2	W	6,05
07/12/2016	3	279,86	W	5,86
07/12/2016	4	279,49	W	5,68
07/12/2016	5	279,11	W	5,5
07/12/2016	6	278,69	W	5,31
07/12/2016	7	278,24	W	5,13
07/12/2016	8	280,29	W	5,54
07/12/2016	9	282,06	WNW	5,95
07/12/2016	10	283,6	WNW	6,37
07/12/2016	11	284,94	WNW	6,79
07/12/2016	12	286,13	WNW	7,21
07/12/2016	13	287,19	WNW	7,64
07/12/2016	14	288,13	WNW	8,07
07/12/2016	15	288,98	WNW	8,5
07/12/2016	16	289,75	WNW	8,93
07/12/2016	17	290,44	WNW	9,37
07/12/2016	18	291,07	WNW	9,8
07/12/2016	19	291,65	WNW	10,24
07/12/2016	20	289,98	WNW	9,95
07/12/2016	21	288,21	WNW	9,66
07/12/2016	22	286,33	WNW	9,39
07/12/2016	23	284,34	WNW	9,12
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				7,44625

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
08 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
08/12/2016	0	282,24	WNW	8,87
08/12/2016	1	280,01	W	8,63
08/12/2016	2	277,66	W	8,4
08/12/2016	3	275,19	W	8,19
08/12/2016	4	272,58	W	8
08/12/2016	5	269,86	W	7,82
08/12/2016	6	267,01	W	7,66
08/12/2016	7	264,05	W	7,52
08/12/2016	8	266,73	W	7,58
08/12/2016	9	269,36	W	7,65
08/12/2016	10	271,93	W	7,74
08/12/2016	11	274,44	W	7,85
08/12/2016	12	276,88	W	7,97
08/12/2016	13	279,24	W	8,1
08/12/2016	14	281,52	WNW	8,25
08/12/2016	15	283,72	WNW	8,41
08/12/2016	16	285,83	WNW	8,58
08/12/2016	17	287,85	WNW	8,77
08/12/2016	18	289,79	WNW	8,96
08/12/2016	19	291,65	WNW	9,17
08/12/2016	20	289,03	WNW	8,74
08/12/2016	21	286,15	WNW	8,33
08/12/2016	22	282,97	WNW	7,94
08/12/2016	23	279,49	W	7,58
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				8,19625

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
09 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
09/12/2016	0	275,67	W	7,26
09/12/2016	1	271,52	W	6,96
09/12/2016	2	267,03	W	6,71
09/12/2016	3	262,21	W	6,5
09/12/2016	4	257,12	WSW	6,34
09/12/2016	5	251,81	WSW	6,24
09/12/2016	6	246,36	WSW	6,18
09/12/2016	7	240,86	WSW	6,19
09/12/2016	8	241,42	WSW	6
09/12/2016	9	242,02	WSW	5,82
09/12/2016	10	242,65	WSW	5,64
09/12/2016	11	243,32	WSW	5,46
09/12/2016	12	244,04	WSW	5,28
09/12/2016	13	244,81	WSW	5,1
09/12/2016	14	245,63	WSW	4,92
09/12/2016	15	246,52	WSW	4,75
09/12/2016	16	247,47	WSW	4,57
09/12/2016	17	248,51	WSW	4,4
09/12/2016	18	249,62	WSW	4,23
09/12/2016	19	250,83	WSW	4,06
09/12/2016	20	249,43	WSW	4,15
09/12/2016	21	248,1	WSW	4,24
09/12/2016	22	246,82	WSW	4,34
09/12/2016	23	245,6	WSW	4,44
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				5,4075

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
10 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
10/12/2016	0	244,43	WSW	4,54
10/12/2016	1	243,32	WSW	4,64
10/12/2016	2	242,25	WSW	4,75
10/12/2016	3	241,23	WSW	4,85
10/12/2016	4	240,26	WSW	4,96
10/12/2016	5	239,32	WSW	5,07
10/12/2016	6	238,43	WSW	5,18
10/12/2016	7	237,57	WSW	5,29
10/12/2016	8	242,08	WSW	5,01
10/12/2016	9	247,08	WSW	4,77
10/12/2016	10	252,58	WSW	4,57
10/12/2016	11	258,52	WSW	4,41
10/12/2016	12	264,82	W	4,31
10/12/2016	13	271,36	W	4,25
10/12/2016	14	277,98	W	4,26
10/12/2016	15	284,49	WNW	4,32
10/12/2016	16	290,75	WNW	4,43
10/12/2016	17	296,63	WNW	4,6
10/12/2016	18	302,04	WNW	4,81
10/12/2016	19	306,97	NW	5,05
10/12/2016	20	298,51	WNW	4,75
10/12/2016	21	289,11	WNW	4,55
10/12/2016	22	279,16	W	4,49
10/12/2016	23	269,24	W	4,56
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				4,684166667

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
11 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
11/12/2016	0	259,91	W	4,77
11/12/2016	1	251,54	WSW	5,09
11/12/2016	2	244,3	WSW	5,5
11/12/2016	3	238,15	WSW	5,99
11/12/2016	4	232,98	SW	6,54
11/12/2016	5	228,63	SW	7,13
11/12/2016	6	224,97	SW	7,75
11/12/2016	7	221,87	SW	8,41
11/12/2016	8	224,75	SW	7,98
11/12/2016	9	227,95	SW	7,57
11/12/2016	10	231,5	SW	7,19
11/12/2016	11	235,43	SW	6,84
11/12/2016	12	239,77	WSW	6,52
11/12/2016	13	244,52	WSW	6,25
11/12/2016	14	249,66	WSW	6,02
11/12/2016	15	255,16	WSW	5,84
11/12/2016	16	260,94	W	5,72
11/12/2016	17	266,91	W	5,67
11/12/2016	18	272,93	W	5,67
11/12/2016	19	278,88	W	5,73
11/12/2016	20	275,63	W	6,08
11/12/2016	21	272,74	W	6,44
11/12/2016	22	270,17	W	6,82
11/12/2016	23	267,86	W	7,21
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				6,447083333

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
12 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
12/12/2016	0	265,8	W	7,6
12/12/2016	1	263,94	W	8,01
12/12/2016	2	262,27	W	8,43
12/12/2016	3	260,75	W	8,85
12/12/2016	4	259,37	W	9,28
12/12/2016	5	258,12	WSW	9,71
12/12/2016	6	256,97	WSW	10,15
12/12/2016	7	255,91	WSW	10,59
12/12/2016	8	256,37	WSW	10
12/12/2016	9	256,89	WSW	9,42
12/12/2016	10	257,47	WSW	8,84
12/12/2016	11	258,13	WSW	8,25
12/12/2016	12	258,89	W	7,67
12/12/2016	13	259,78	W	7,1
12/12/2016	14	260,83	W	6,52
12/12/2016	15	262,08	W	5,95
12/12/2016	16	263,59	W	5,37
12/12/2016	17	265,47	W	4,81
12/12/2016	18	267,83	W	4,25
12/12/2016	19	270,91	W	3,7
12/12/2016	20	266,41	W	3,78
12/12/2016	21	262,12	W	3,88
12/12/2016	22	258,07	WSW	4
12/12/2016	23	254,27	WSW	4,15
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				7,09625

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
13 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
13/12/2016	0	250,75	WSW	4,3
13/12/2016	1	247,48	WSW	4,48
13/12/2016	2	244,47	WSW	4,67
13/12/2016	3	241,69	WSW	4,86
13/12/2016	4	239,14	WSW	5,07
13/12/2016	5	236,8	WSW	5,29
13/12/2016	6	234,65	SW	5,52
13/12/2016	7	232,66	SW	5,75
13/12/2016	8	234,59	SW	5,69
13/12/2016	9	236,55	WSW	5,62
13/12/2016	10	238,56	WSW	5,57
13/12/2016	11	240,6	WSW	5,52
13/12/2016	12	242,68	WSW	5,48
13/12/2016	13	244,78	WSW	5,45
13/12/2016	14	246,91	WSW	5,42
13/12/2016	15	249,05	WSW	5,4
13/12/2016	16	251,21	WSW	5,39
13/12/2016	17	253,37	WSW	5,39
13/12/2016	18	255,54	WSW	5,39
13/12/2016	19	257,69	WSW	5,41
13/12/2016	20	258,37	WSW	5,46
13/12/2016	21	259,03	W	5,52
13/12/2016	22	259,67	W	5,58
13/12/2016	23	260,31	W	5,64
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				5,327916667

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
14 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
14/12/2016	0	260,93	W	5,7
14/12/2016	1	261,53	W	5,76
14/12/2016	2	262,13	W	5,82
14/12/2016	3	262,71	W	5,88
14/12/2016	4	263,28	W	5,94
14/12/2016	5	263,84	W	6,01
14/12/2016	6	264,38	W	6,07
14/12/2016	7	264,92	W	6,13
14/12/2016	8	268,46	W	5,99
14/12/2016	9	272,15	W	5,87
14/12/2016	10	275,99	W	5,78
14/12/2016	11	279,93	W	5,71
14/12/2016	12	283,95	WNW	5,67
14/12/2016	13	288	WNW	5,66
14/12/2016	14	292,05	WNW	5,67
14/12/2016	15	296,06	WNW	5,72
14/12/2016	16	299,98	WNW	5,79
14/12/2016	17	303,8	NW	5,89
14/12/2016	18	307,47	NW	6,01
14/12/2016	19	310,98	NW	6,16
14/12/2016	20	306,06	NW	5,84
14/12/2016	21	300,62	WNW	5,57
14/12/2016	22	294,68	WNW	5,36
14/12/2016	23	288,33	WNW	5,21
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				5,800416667

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
15 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
15/12/2016	0	281,69	WNW	5,12
15/12/2016	1	274,92	W	5,11
15/12/2016	2	268,2	W	5,17
15/12/2016	3	261,72	W	5,29
15/12/2016	4	255,61	WSW	5,48
15/12/2016	5	249,98	WSW	5,73
15/12/2016	6	244,85	WSW	6,03
15/12/2016	7	240,24	WSW	6,37
15/12/2016	8	240,28	WSW	6,38
15/12/2016	9	240,31	WSW	6,38
15/12/2016	10	240,35	WSW	6,38
15/12/2016	11	240,38	WSW	6,38
15/12/2016	12	240,42	WSW	6,39
15/12/2016	13	240,45	WSW	6,39
15/12/2016	14	240,48	WSW	6,39
15/12/2016	15	240,52	WSW	6,4
15/12/2016	16	240,55	WSW	6,4
15/12/2016	17	240,59	WSW	6,4
15/12/2016	18	240,62	WSW	6,41
15/12/2016	19	240,66	WSW	6,41
15/12/2016	20	240,69	WSW	6,41
15/12/2016	21	240,72	WSW	6,42
15/12/2016	22	240,76	WSW	6,42
15/12/2016	23	240,79	WSW	6,42
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				6,111666667

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
16 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
16/12/2016	0	240,83	WSW	6,43
16/12/2016	1	240,86	WSW	6,43
16/12/2016	2	240,89	WSW	6,43
16/12/2016	3	240,93	WSW	6,44
16/12/2016	4	240,96	WSW	6,44
16/12/2016	5	241	WSW	6,44
16/12/2016	6	241,03	WSW	6,44
16/12/2016	7	241,06	WSW	6,45
16/12/2016	8	241,1	WSW	6,45
16/12/2016	9	241,13	WSW	6,45
16/12/2016	10	241,17	WSW	6,46
16/12/2016	11	241,2	WSW	6,46
16/12/2016	12	241,23	WSW	6,46
16/12/2016	13	241,27	WSW	6,47
16/12/2016	14	241,3	WSW	6,47
16/12/2016	15	241,33	WSW	6,47
16/12/2016	16	241,37	WSW	6,48
16/12/2016	17	241,4	WSW	6,48
16/12/2016	18	241,44	WSW	6,48
16/12/2016	19	241,47	WSW	6,49
16/12/2016	20	241,5	WSW	6,49
16/12/2016	21	241,54	WSW	6,49
16/12/2016	22	241,57	WSW	6,5
16/12/2016	23	241,6	WSW	6,5
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				6,4625

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
17 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
17/12/2016	0	241,64	WSW	6,5
17/12/2016	1	241,67	WSW	6,51
17/12/2016	2	241,7	WSW	6,51
17/12/2016	3	241,74	WSW	6,51
17/12/2016	4	241,77	WSW	6,51
17/12/2016	5	241,8	WSW	6,52
17/12/2016	6	241,83	WSW	6,52
17/12/2016	7	241,87	WSW	6,52
17/12/2016	8	241,9	WSW	6,53
17/12/2016	9	241,93	WSW	6,53
17/12/2016	10	241,97	WSW	6,53
17/12/2016	11	242	WSW	6,54
17/12/2016	12	242,03	WSW	6,54
17/12/2016	13	242,07	WSW	6,54
17/12/2016	14	242,1	WSW	6,55
17/12/2016	15	242,13	WSW	6,55
17/12/2016	16	242,16	WSW	6,55
17/12/2016	17	242,2	WSW	6,56
17/12/2016	18	242,23	WSW	6,56
17/12/2016	19	242,26	WSW	6,56
17/12/2016	20	242,3	WSW	6,57
17/12/2016	21	242,33	WSW	6,57
17/12/2016	22	242,36	WSW	6,57
17/12/2016	23	242,39	WSW	6,58
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				6,53875

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
18 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
18/12/2016	0	242,43	WSW	6,58
18/12/2016	1	242,46	WSW	6,58
18/12/2016	2	242,49	WSW	6,59
18/12/2016	3	242,52	WSW	6,59
18/12/2016	4	242,56	WSW	6,59
18/12/2016	5	242,59	WSW	6,6
18/12/2016	6	242,62	WSW	6,6
18/12/2016	7	242,65	WSW	6,6
18/12/2016	8	242,68	WSW	6,61
18/12/2016	9	242,72	WSW	6,61
18/12/2016	10	242,75	WSW	6,61
18/12/2016	11	242,78	WSW	6,62
18/12/2016	12	242,81	WSW	6,62
18/12/2016	13	242,85	WSW	6,62
18/12/2016	14	242,88	WSW	6,63
18/12/2016	15	242,91	WSW	6,63
18/12/2016	16	242,94	WSW	6,63
18/12/2016	17	242,97	WSW	6,64
18/12/2016	18	243,01	WSW	6,64
18/12/2016	19	243,04	WSW	6,64
18/12/2016	20	243,07	WSW	6,65
18/12/2016	21	243,1	WSW	6,65
18/12/2016	22	243,13	WSW	6,65
18/12/2016	23	243,16	WSW	6,66
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				6,618333333

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
19 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time(WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
19/12/2016	0	243,2	WSW	6,66
19/12/2016	1	243,23	WSW	6,66
19/12/2016	2	243,26	WSW	6,67
19/12/2016	3	243,29	WSW	6,67
19/12/2016	4	243,32	WSW	6,67
19/12/2016	5	243,35	WSW	6,68
19/12/2016	6	243,39	WSW	6,68
19/12/2016	7	243,42	WSW	6,68
19/12/2016	8	243,45	WSW	6,69
19/12/2016	9	243,48	WSW	6,69
19/12/2016	10	243,51	WSW	6,69
19/12/2016	11	243,54	WSW	6,7
19/12/2016	12	243,58	WSW	6,7
19/12/2016	13	243,61	WSW	6,7
19/12/2016	14	243,64	WSW	6,71
19/12/2016	15	243,67	WSW	6,71
19/12/2016	16	243,7	WSW	6,71
19/12/2016	17	243,73	WSW	6,72
19/12/2016	18	243,76	WSW	6,72
19/12/2016	19	243,79	WSW	6,72
19/12/2016	20	243,83	WSW	6,73
19/12/2016	21	243,86	WSW	6,73
19/12/2016	22	243,89	WSW	6,73
19/12/2016	23	243,92	WSW	6,74
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				6,698333333

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
20 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
20/12/2016	0	243,95	WSW	6,74
20/12/2016	1	243,98	WSW	6,74
20/12/2016	2	244,01	WSW	6,75
20/12/2016	3	244,04	WSW	6,75
20/12/2016	4	244,07	WSW	6,75
20/12/2016	5	244,1	WSW	6,76
20/12/2016	6	244,14	WSW	6,76
20/12/2016	7	244,17	WSW	6,76
20/12/2016	8	244,2	WSW	6,77
20/12/2016	9	244,23	WSW	6,77
20/12/2016	10	244,26	WSW	6,77
20/12/2016	11	244,29	WSW	6,78
20/12/2016	12	244,32	WSW	6,78
20/12/2016	13	244,35	WSW	6,78
20/12/2016	14	244,38	WSW	6,79
20/12/2016	15	244,41	WSW	6,79
20/12/2016	16	244,44	WSW	6,79
20/12/2016	17	244,47	WSW	6,8
20/12/2016	18	244,5	WSW	6,8
20/12/2016	19	244,53	WSW	6,8
20/12/2016	20	244,56	WSW	6,81
20/12/2016	21	244,59	WSW	6,81
20/12/2016	22	244,62	WSW	6,81
20/12/2016	23	244,65	WSW	6,82
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				6,778333333

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
21 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
21/12/2016	0	244,68	WSW	6,82
21/12/2016	1	244,72	WSW	6,82
21/12/2016	2	244,75	WSW	6,83
21/12/2016	3	244,78	WSW	6,83
21/12/2016	4	244,81	WSW	6,83
21/12/2016	5	244,84	WSW	6,84
21/12/2016	6	244,87	WSW	6,84
21/12/2016	7	244,9	WSW	6,84
21/12/2016	8	244,93	WSW	6,85
21/12/2016	9	244,96	WSW	6,85
21/12/2016	10	244,99	WSW	6,85
21/12/2016	11	245,02	WSW	6,86
21/12/2016	12	245,05	WSW	6,86
21/12/2016	13	245,08	WSW	6,86
21/12/2016	14	245,11	WSW	6,87
21/12/2016	15	245,14	WSW	6,87
21/12/2016	16	245,17	WSW	6,88
21/12/2016	17	245,19	WSW	6,88
21/12/2016	18	245,22	WSW	6,88
21/12/2016	19	245,25	WSW	6,89
21/12/2016	20	245,28	WSW	6,89
21/12/2016	21	245,31	WSW	6,89
21/12/2016	22	245,34	WSW	6,9
21/12/2016	23	245,37	WSW	6,9
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				6,859583333

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
22 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
22/12/2016	0	245,4	WSW	6,9
22/12/2016	1	245,43	WSW	6,91
22/12/2016	2	245,46	WSW	6,91
22/12/2016	3	245,49	WSW	6,91
22/12/2016	4	245,52	WSW	6,92
22/12/2016	5	245,55	WSW	6,92
22/12/2016	6	245,58	WSW	6,92
22/12/2016	7	245,61	WSW	6,93
22/12/2016	8	245,64	WSW	6,93
22/12/2016	9	245,67	WSW	6,93
22/12/2016	10	245,7	WSW	6,94
22/12/2016	11	245,73	WSW	6,94
22/12/2016	12	245,75	WSW	6,94
22/12/2016	13	245,78	WSW	6,95
22/12/2016	14	245,81	WSW	6,95
22/12/2016	15	245,84	WSW	6,95
22/12/2016	16	245,87	WSW	6,96
22/12/2016	17	245,9	WSW	6,96
22/12/2016	18	245,93	WSW	6,97
22/12/2016	19	245,96	WSW	6,97
22/12/2016	20	245,99	WSW	6,97
22/12/2016	21	246,02	WSW	6,98
22/12/2016	22	246,05	WSW	6,98
22/12/2016	23	246,07	WSW	6,98
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				6,9425

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
23 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
23/12/2016	0	246,1	WSW	6,99
23/12/2016	1	246,13	WSW	6,99
23/12/2016	2	246,16	WSW	6,99
23/12/2016	3	246,19	WSW	7
23/12/2016	4	246,22	WSW	7
23/12/2016	5	246,25	WSW	7
23/12/2016	6	246,28	WSW	7,01
23/12/2016	7	246,3	WSW	7,01
23/12/2016	8	246,33	WSW	7,01
23/12/2016	9	246,36	WSW	7,02
23/12/2016	10	246,39	WSW	7,02
23/12/2016	11	246,42	WSW	7,02
23/12/2016	12	246,45	WSW	7,03
23/12/2016	13	246,48	WSW	7,03
23/12/2016	14	246,5	WSW	7,04
23/12/2016	15	246,53	WSW	7,04
23/12/2016	16	246,56	WSW	7,04
23/12/2016	17	246,59	WSW	7,05
23/12/2016	18	246,62	WSW	7,05
23/12/2016	19	246,65	WSW	7,05
23/12/2016	20	246,67	WSW	7,06
23/12/2016	21	246,7	WSW	7,06
23/12/2016	22	246,73	WSW	7,06
23/12/2016	23	246,76	WSW	7,07
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				7,026666667

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
24 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
24/12/2016	0	246,79	WSW	7,07
24/12/2016	1	246,82	WSW	7,07
24/12/2016	2	246,84	WSW	7,08
24/12/2016	3	246,87	WSW	7,08
24/12/2016	4	246,9	WSW	7,08
24/12/2016	5	246,93	WSW	7,09
24/12/2016	6	246,96	WSW	7,09
24/12/2016	7	246,98	WSW	7,1
24/12/2016	8	247,01	WSW	7,1
24/12/2016	9	247,04	WSW	7,1
24/12/2016	10	247,07	WSW	7,11
24/12/2016	11	247,1	WSW	7,11
24/12/2016	12	247,12	WSW	7,11
24/12/2016	13	247,15	WSW	7,12
24/12/2016	14	247,18	WSW	7,12
24/12/2016	15	247,21	WSW	7,12
24/12/2016	16	247,23	WSW	7,13
24/12/2016	17	247,26	WSW	7,13
24/12/2016	18	247,29	WSW	7,13
24/12/2016	19	247,32	WSW	7,14
24/12/2016	20	247,34	WSW	7,14
24/12/2016	21	247,37	WSW	7,15
24/12/2016	22	247,4	WSW	7,15
24/12/2016	23	247,43	WSW	7,15
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				7,11125

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
25 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
25/12/2016	0	247,46	WSW	7,16
25/12/2016	1	247,48	WSW	7,16
25/12/2016	2	247,51	WSW	7,16
25/12/2016	3	247,54	WSW	7,17
25/12/2016	4	247,56	WSW	7,17
25/12/2016	5	247,59	WSW	7,17
25/12/2016	6	247,62	WSW	7,18
25/12/2016	7	247,65	WSW	7,18
25/12/2016	8	247,67	WSW	7,18
25/12/2016	9	247,7	WSW	7,19
25/12/2016	10	247,73	WSW	7,19
25/12/2016	11	247,76	WSW	7,2
25/12/2016	12	247,78	WSW	7,2
25/12/2016	13	247,81	WSW	7,2
25/12/2016	14	247,84	WSW	7,21
25/12/2016	15	247,86	WSW	7,21
25/12/2016	16	247,89	WSW	7,21
25/12/2016	17	247,92	WSW	7,22
25/12/2016	18	247,95	WSW	7,22
25/12/2016	19	247,97	WSW	7,22
25/12/2016	20	248	WSW	7,23
25/12/2016	21	248,03	WSW	7,23
25/12/2016	22	248,05	WSW	7,24
25/12/2016	23	248,08	WSW	7,24
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				7,1975

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
26 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
26/12/2016	0	248,11	WSW	7,24
26/12/2016	1	248,13	WSW	7,25
26/12/2016	2	248,16	WSW	7,25
26/12/2016	3	248,19	WSW	7,25
26/12/2016	4	248,21	WSW	7,26
26/12/2016	5	248,24	WSW	7,26
26/12/2016	6	248,27	WSW	7,26
26/12/2016	7	248,29	WSW	7,27
26/12/2016	8	248,32	WSW	7,27
26/12/2016	9	248,35	WSW	7,28
26/12/2016	10	248,37	WSW	7,28
26/12/2016	11	248,4	WSW	7,28
26/12/2016	12	248,43	WSW	7,29
26/12/2016	13	248,45	WSW	7,29
26/12/2016	14	248,48	WSW	7,29
26/12/2016	15	248,51	WSW	7,3
26/12/2016	16	248,53	WSW	7,3
26/12/2016	17	248,56	WSW	7,3
26/12/2016	18	248,59	WSW	7,31
26/12/2016	19	248,61	WSW	7,31
26/12/2016	20	248,64	WSW	7,32
26/12/2016	21	248,66	WSW	7,32
26/12/2016	22	248,69	WSW	7,32
26/12/2016	23	248,72	WSW	7,33
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				7,284583333

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
27 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
27/12/2016	0	248,74	WSW	7,33
27/12/2016	1	248,77	WSW	7,33
27/12/2016	2	248,8	WSW	7,34
27/12/2016	3	248,82	WSW	7,34
27/12/2016	4	248,85	WSW	7,34
27/12/2016	5	248,87	WSW	7,35
27/12/2016	6	248,9	WSW	7,35
27/12/2016	7	248,93	WSW	7,36
27/12/2016	8	248,95	WSW	7,36
27/12/2016	9	248,98	WSW	7,36
27/12/2016	10	249	WSW	7,37
27/12/2016	11	249,03	WSW	7,37
27/12/2016	12	249,06	WSW	7,37
27/12/2016	13	249,08	WSW	7,38
27/12/2016	14	249,11	WSW	7,38
27/12/2016	15	249,13	WSW	7,38
27/12/2016	16	249,16	WSW	7,39
27/12/2016	17	249,19	WSW	7,39
27/12/2016	18	249,21	WSW	7,4
27/12/2016	19	249,24	WSW	7,4
27/12/2016	20	249,26	WSW	7,4
27/12/2016	21	249,29	WSW	7,41
27/12/2016	22	249,31	WSW	7,41
27/12/2016	23	249,34	WSW	7,41
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				<i>7,371666667</i>

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
28 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
28/12/2016	0	249,36	WSW	7,42
28/12/2016	1	249,39	WSW	7,42
28/12/2016	2	249,42	WSW	7,43
28/12/2016	3	249,44	WSW	7,43
28/12/2016	4	249,47	WSW	7,43
28/12/2016	5	249,49	WSW	7,44
28/12/2016	6	249,52	WSW	7,44
28/12/2016	7	249,54	WSW	7,44
28/12/2016	8	249,57	WSW	7,45
28/12/2016	9	249,59	WSW	7,45
28/12/2016	10	249,62	WSW	7,46
28/12/2016	11	249,64	WSW	7,46
28/12/2016	12	249,67	WSW	7,46
28/12/2016	13	249,7	WSW	7,47
28/12/2016	14	249,72	WSW	7,47
28/12/2016	15	249,75	WSW	7,47
28/12/2016	16	249,77	WSW	7,48
28/12/2016	17	249,8	WSW	7,48
28/12/2016	18	249,82	WSW	7,48
28/12/2016	19	249,85	WSW	7,49
28/12/2016	20	249,87	WSW	7,49
28/12/2016	21	249,9	WSW	7,5
28/12/2016	22	249,92	WSW	7,5
28/12/2016	23	249,95	WSW	7,5
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				7,460833333

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
29 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
29/12/2016	0	249,97	WSW	7,51
29/12/2016	1	250	WSW	7,51
29/12/2016	2	250,02	WSW	7,51
29/12/2016	3	250,05	WSW	7,52
29/12/2016	4	250,07	WSW	7,52
29/12/2016	5	250,1	WSW	7,53
29/12/2016	6	250,12	WSW	7,53
29/12/2016	7	250,15	WSW	7,53
29/12/2016	8	250,17	WSW	7,54
29/12/2016	9	250,2	WSW	7,54
29/12/2016	10	250,22	WSW	7,54
29/12/2016	11	250,24	WSW	7,55
29/12/2016	12	250,27	WSW	7,55
29/12/2016	13	250,29	WSW	7,56
29/12/2016	14	250,32	WSW	7,56
29/12/2016	15	250,34	WSW	7,56
29/12/2016	16	250,37	WSW	7,57
29/12/2016	17	250,39	WSW	7,57
29/12/2016	18	250,42	WSW	7,57
29/12/2016	19	250,44	WSW	7,58
29/12/2016	20	250,47	WSW	7,58
29/12/2016	21	250,49	WSW	7,59
29/12/2016	22	250,52	WSW	7,59
29/12/2016	23	250,54	WSW	7,59
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				7,55

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
30 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
30/12/2016	0	250,56	WSW	7,6
30/12/2016	1	250,59	WSW	7,6
30/12/2016	2	250,61	WSW	7,6
30/12/2016	3	250,64	WSW	7,61
30/12/2016	4	250,66	WSW	7,61
30/12/2016	5	250,69	WSW	7,62
30/12/2016	6	250,71	WSW	7,62
30/12/2016	7	250,73	WSW	7,62
30/12/2016	8	250,76	WSW	7,63
30/12/2016	9	250,78	WSW	7,63
30/12/2016	10	250,81	WSW	7,63
30/12/2016	11	250,83	WSW	7,64
30/12/2016	12	250,86	WSW	7,64
30/12/2016	13	250,88	WSW	7,65
30/12/2016	14	250,9	WSW	7,65
30/12/2016	15	250,93	WSW	7,65
30/12/2016	16	250,95	WSW	7,66
30/12/2016	17	250,98	WSW	7,66
30/12/2016	18	251	WSW	7,66
30/12/2016	19	251,02	WSW	7,67
30/12/2016	20	251,05	WSW	7,67
30/12/2016	21	251,07	WSW	7,68
30/12/2016	22	251,09	WSW	7,68
30/12/2016	23	251,12	WSW	7,68
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				7,64

**Data Kecepatan Angin Perairan Perak
31 Desember 2016**

<i>Date</i>	<i>Time (WIB)</i>	<i>Wind Direction(TN)</i>	<i>Wind Direction</i>	<i>Wind Speed (Knot)</i>
31/12/2016	0	251,14	WSW	7,69
31/12/2016	1	251,17	WSW	7,69
31/12/2016	2	251,19	WSW	7,7
31/12/2016	3	251,21	WSW	7,7
31/12/2016	4	251,24	WSW	7,7
31/12/2016	5	251,26	WSW	7,71
31/12/2016	6	251,29	WSW	7,71
31/12/2016	7	251,31	WSW	7,71
31/12/2016	8	251,33	WSW	7,72
31/12/2016	9	251,36	WSW	7,72
31/12/2016	10	251,38	WSW	7,73
31/12/2016	11	251,4	WSW	7,73
31/12/2016	12	251,43	WSW	7,73
31/12/2016	13	251,45	WSW	7,74
31/12/2016	14	251,47	WSW	7,74
31/12/2016	15	251,5	WSW	7,74
31/12/2016	16	251,52	WSW	7,75
31/12/2016	17	251,54	WSW	7,75
31/12/2016	18	251,57	WSW	7,76
31/12/2016	19	251,59	WSW	7,76
31/12/2016	20	251,61	WSW	7,76
31/12/2016	21	251,64	WSW	7,77
31/12/2016	22	251,66	WSW	7,77
31/12/2016	23	251,68	WSW	7,78
<i>Wind Speed Average in a Day</i>				<i>7,731666667</i>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 29 Juli 1995, merupakan putra terakhir dari empat bersaudara . Ayah dari penulis bernama Zainul Arifin dan Ibu dari penulis bernama Sadar Susiani. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal jenjang dasar pada SDN Bulurejo II, jenjang menengah pertama di SMP Muhammadiyah 1 Jombang, jenjang menengah atas di SMA Negeri 1 Jombang dan melanjutkan pendidikan tinggi pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya terkhusus pada bidang *Reliability, Availability, Management and Safety*. Penulis pernah menjalani *on the job training* di beberapa perusahaan seperti PT. Dumas Tanjung Perak Shipyard dan PT. Pertamina (Persero) Perkapalan. Selain aktif didalam aktifitas akademik, penulis aktif dalam aktifitas mahasiswa khususnya dalam bidang pergerakan kemahasiswaan. Penulis pernah menjadi Wakil Ketua ITS Expo 2014, Wakil Ketua Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS Periode 2014/2015, hingga menjadi Sekretaris Jenderal Badan Eksekutif Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember (BEM ITS) Periode 2015/2016. Selain dalam bidang pergerakan kemahasiswaan, penulis juga aktif dalam pengembangan *soft skill* dan terlibat langsung dalam Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa, mulai dari Tingkat Pra Dasar, Tingkat Dasar, Tingkat Menengah, hingga Tingkat Lanjut serta terlibat menjadi Pemandu Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa di ITS. Penulis memiliki beberapa kemampuan seperti *team leading*, *internal managing* dan *public speaking* serta memiliki kemampuan dasar pada beberapa aplikasi seperti *AutoCAD*, *Adobe Photoshop*, *Microsoft Project* serta *Visual Basic for Application*. Penulis menyelesaikan masa studi selama 10 semester dan berhasil mendapatkan capaian seperti PKM Didanai, Finalis Kompetisi Menulis di Kampus serta Peserta Terbaik dalam Pelindo III Youth Camp Tahun 2015.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”